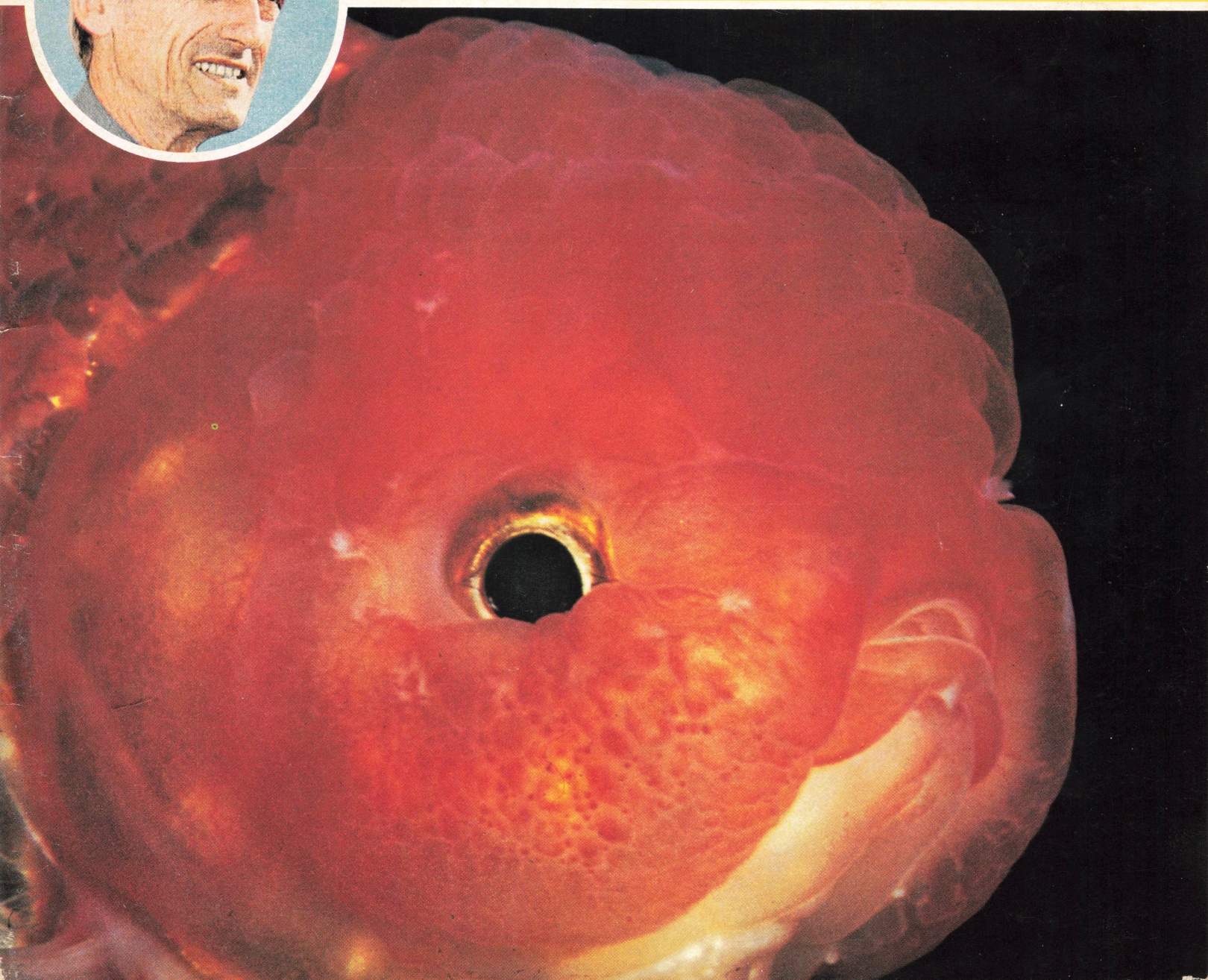
17 · 1977
ilmestyy joka viikko
3,80

MERTEN SALAISUUDET

KAPTEENI COUSTEAUN MUKANA MAAILMAN MERILLÄ JA MERTEN SYVYYKSISSÄ



MERTEN SALAISUUDET

Kustantaja
Oy Concert Hall Society Ab
Hämeentie 157
00560 Helsinki 56
Puhelin 790 022
Tili: Postisiirto n:o 342 35-7
SYP Arabia 215218-6061-8

Toimitus
Päätoimittaja Hannu Säilä
Toimittajat: Eero Kärnä
Ulla-Liisa Kyllijoki

Asiantuntija
Fil. kand. Teuvo Suominen

Levikki ja talous
Levikkipäällikkö Veikko Syvänen
Talouspäällikkö Ingmar Olin
Toimitusjohtaja Harry Söderholm

Kirjapaino: Oy Tilgmann Ab
Espoo 1977

©Jacques-Yves Cousteau
Edito Service S. A.
1977 Oy Concert Hall Society Ab

TILAA NYT MERTEN SALAISUUDET JA KERÄÄ LEHDET KANSIOIHIN

Merten salaisuudet -lehden voit tilata edulliseen tilaajahintaan mk 2,90/numero. Laskutus tapahtuu jälkikäteen joka toinen kuukausi. Tilaamalla Merten salaisuudet -lehden varmistat, että saat taatusti jokaisen numeron talteen.

Merten salaisuudet -lehden keräilykansioiden avulla voit koota itsellesi lehdistä moniosaisen tietokirjan merestä ja meren elämästä. Kansion saat edulliseen hintaan mk 12,50 (+ postituskulut).

Osoita lehti- ja kansiotilaukset suoraan kustantajalle.

KANSIKUVASSA »LEIJONANPÄÄ»

Erikoisuuksia tavoitellessaan ihminen on jo parin tuhannen vuoden ajan kehitellyt alkuperäisestä akvaarioasukista, kultakalasta, merkillisiä, voisi sanoa hirviömäisiä muunnelmia. Yksi niistä on »leijonanpää». Tällä muunnelmalla on pyöreähkö ruumis, ja se on selkäevätön. Sen etuosaa peittävät ja paisuttavat kyhmyt, jotka saavat kalan pään näyttämään kypsältä vadelmalta.

Pelätyt piraijat

Amazonin laajalla jokialueella elävät piraijat ovat tulleet tunnetuiksi kauhutarinoista, joita seikkailuromaanien kirjoittajat ja tutkimusmatkailijatkin ovat niistä kertoneet. Ovatko piraijat sitten todella maineensa veroisia verenhimoisia tappajia?

Kysymykseen voidaan vastata kyllä ja ei. Käsitys piraijojen petomaisuudesta on oikeutettu, sillä suurena parvena ne saattavat hyökätä kookkaankin eläimen kimppuun ja kaluta sen luurangoksi muutamassa minuutissa.

Yleensä piraijat kuitenkin karttavat terveitä eläimiä. Vain jos ne tunnistavat hajuaistillaan kuolleen tai loukkaantuneen eläimen, ne käyvät vimmaisesti sen kimppuun. Piraijat toimivat siten jokien terveyspoliiseina, sillä syödessään kuolleita ja sairaita eläimiä ne pitävät vedet puhtaina ja estävät tauteja leviämästä.

Amazonin karjapaimenet pelkäävät kuitenkin piraijoja ja heittävät siksi heikon tai sairaan eläimen kahluupaikan alapuolelle kalojen houkutukseksi ajaessaan laumansa joen yli. Piraijojen huomion kiintyessä tarjottuun eläimeen muut pääsevät turvallisesti joen toiselle puolelle.

Ihmiselle piraijat ovat paljon vaarattomampia kuin kauhutarinat antavat aiheen uskoa. Amazonin alueen intiaanit uivat huolettomasti piraijojen asuttamissa joissa, ja vain hyvin harvoin tiedetään sattuneen onnettomuuksia. Sitä vastoin piraijat itse joutuvat usein intiaanien saaliiksi. Alkuasukkaat kalastavat niitä monilla seuduilla ja käyttävät niiden leukoja saksina ja veitsenteräviä hampaita nuolenkärkinä.

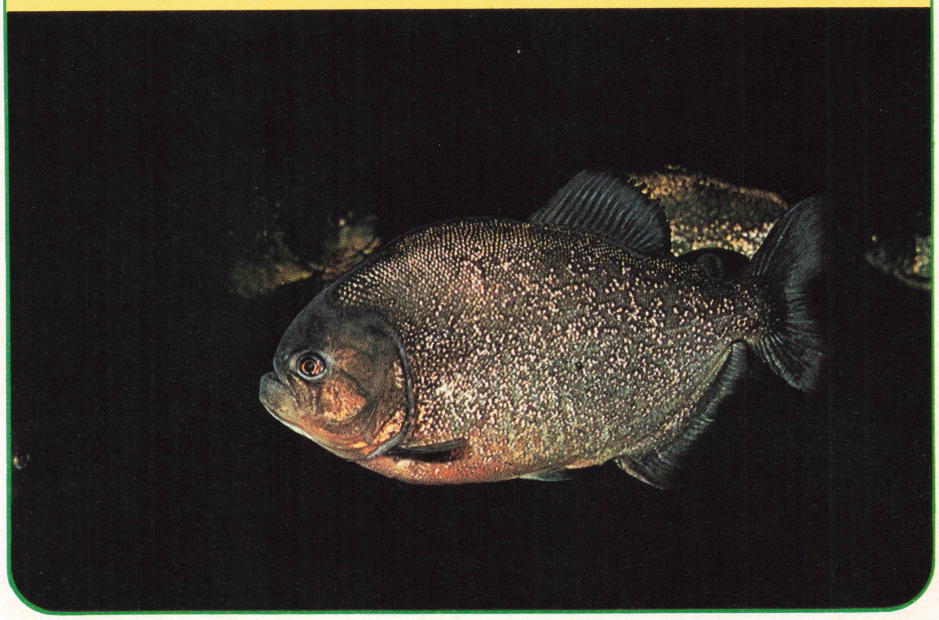
Myös monet tutkijat, jotka ovat viettäneet vuosia Amazonin sademetsissä ja uineet piraijoja vilisevissä joissa, ovat todenneet nämä pedot melko harmittomiksi.

Piraijoja elää Amazonin, Orinocon ja Paranan jokialueilla yli 20 lajia, joista vain neljää pidetään vaarallisena. Koska eri lajien tunnistaminen kuitenkin on melko vaikeaa, vaarallisten ja vaarattomien lajien levinneisyyttä ei ole täysin

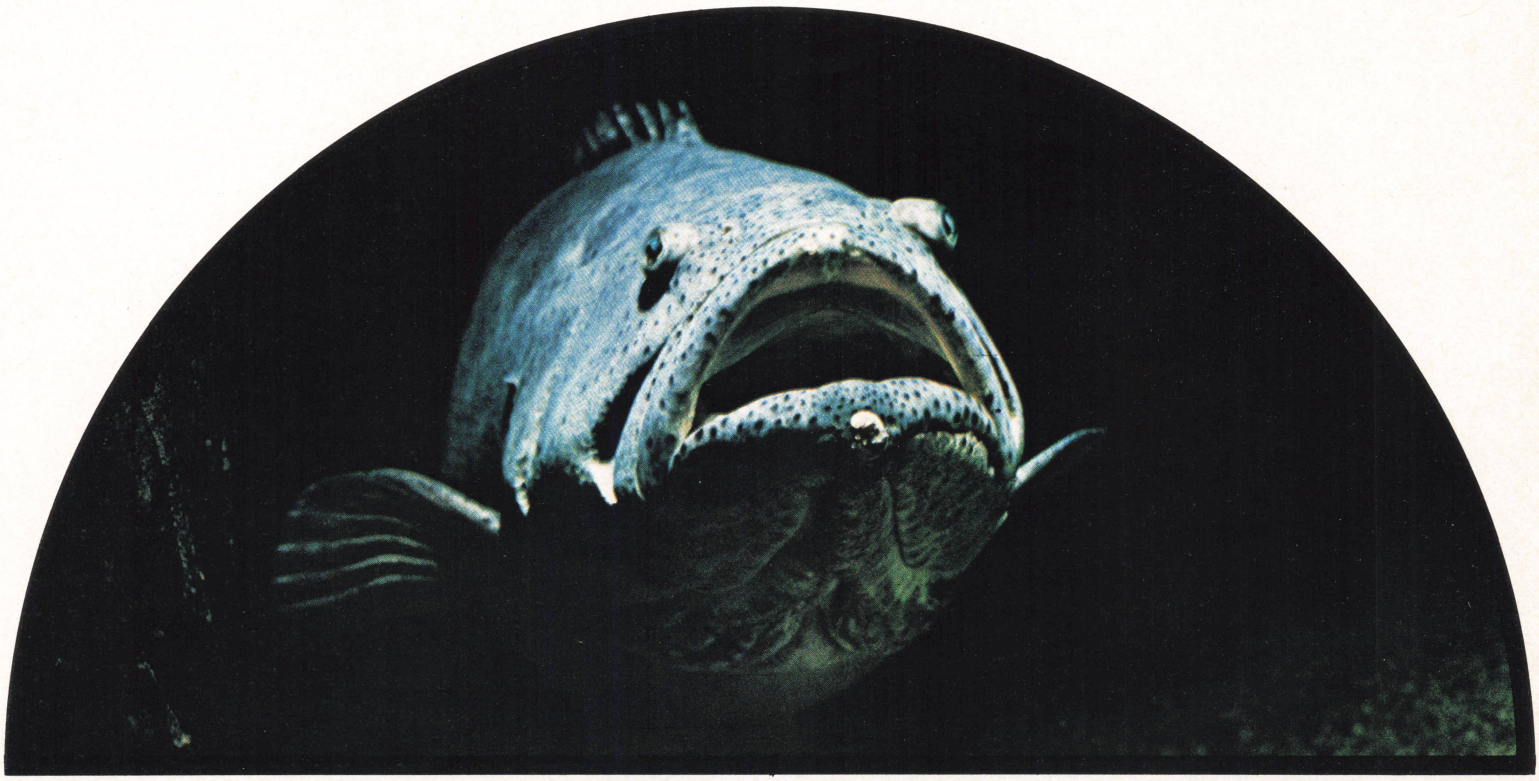
jatkuu sivulla 31

Piraijat ovat Etelä-Amerikan pelätyimpiä petokaloja. Ne käyvät kuitenkin melko harvoin suurten eläinten tai ihmisten kimppuun. Niiden pääasiallista ravintoa ovat jokien pienet kalalajit.

Kuva MARKKU VARJO



Varhaisimmat leväriutat (stromatoliittiriutat) muodostuivat jo esikambrisen kauden keskivaiheilla. Ensimmäiset korallit ilmestyivät riuttojen rakentajiksi liki 500 miljoonaa vuotta sitten. Riuttoja kohtasi useita romahduksia; viimeisestä romahduksesta on kulunut aikaa noin 65 miljoonaa vuotta. Elvyttyään siitä koralliriutat kasvoivat voimakkaasti, ja ne ovat säilyneet meidän päiviimme monimuotoisen ja värikkään elämän tyyssijoina. Kuvan kukkamaisten korallien keskellä uiva meriahven kuuluu riuttojen asujaimiston jättiläisiin.



Leuat kehittyvät

Suu ammollaan. *Leukojen kehittyminen on todennäköisesti ollut tärkeä kehitysaskel, koska puremaan pystyvä kala voi saalistaa ja syödä lihaa.*

On mahdotonta puhua, syödä, juoda tai haukotella liikuttamatta leukojaan. Leuat ovat tärkeimpiä rakennepiirteitämme, vaikka emme käytäkään hampaitamme tai leukojamme puolustautumiseen. Näin kuitenkin kalat ja useat muut eläimet tekevät. Ne myös jyrsivät leuoillaan ruokaa tai muita kohteita ja käyttävät niitä toisinaan samaan tapaan kuin me käsiämme.

Ostracodermi-ryhmään kuuluneet alkukalat sukulaisineen onnistuivat selviytymään ilman leukoja. Leukojen kehittyminen merkitsi kuitenkin ratkaisevaa läpimurtoa.

Alkukantaisilla kaloilla on peräti kymmenen kiduskaarta, jotka ovat muodostuneet eri luista. Nämä kaaret ovat V-kirjaimen muotoisia. On helppoa kuvitella, miten ensimmäinen kiduskaari vahveni, siirtyi eteenpäin ja muuttui puremislaitteeksi.

Asia ei kuitenkaan ole ollut näin yksinkertainen. Kaksi ensimmäistä kiduskaarta ovat surkastuneet kokonaan. Kolmas kiduskaari kehittyi alkeellisiksi leuoiksi. Myöhemmillä kaloilla neljäs kiduskaari muuttui leukoja vahvistavaksi laitteeksi. Muut kiduskaaret säilyttivät alkuperäisen tehtävänsä.

Leuat tarjoavat hampaille sopivan ja tukevan kiinnittymiskohdan. Hampaiden avulla taas on mahdollista kehittää aivan uusia ja tehokkaita ravinnonhankkimistapoja. Kaikki devonikaudelta alkaen kehittyneet kalat nahkiaisia ja limanahkiaisia lukuun ottamatta ovat leuallisia.

Nykyiset leuattomat kalat ovat loisia, jotka syövät elävien kalojen kudoksia ja nesteitä. Useimmat leuattomat alkukalat etsivät ravintonsa pohjasta.

Hampaat mahdollistavat saaliin kimppuun hyökkäämisen sekä muita aivan uusia ravinnonhankintakeinoja. Devonikaudella, kalojen

valtakaudella, kehittyi erilaisia entistä parempirakenteisia selkärankaisia. Näiden joukkoon kuuluivat myös saalistavat leualliset kalat. Ryhmästä käytetään nimitystä panssarihait, ja lajeista oli mahtavin *Dinichtys* (nimi tarkoittaa sananmukaisesti »kauhistuttava kala»).

Dinichtyksellä oli vahvat leuat, joihin oli kiinnittynyt levymäisiä luita. Varsinaisista hampaista ei liene ollut kysymys, mutta rakenne kuitenkin toimi hyvin. Tunnetaan jopa kymmenen metrin mittaisia yksilöitä, joiden pää oli suunnilleen kolmannes ruumiin pituudesta. Jotta hampaat voisivat toimia paremmin, *Dinichtyksen* kallo oli saranainen: leuan liikkuessa alaspäin, kallo kääntyi ylös. Suuhun olisi vaivatta mahtunut puolikas ihmisestä.

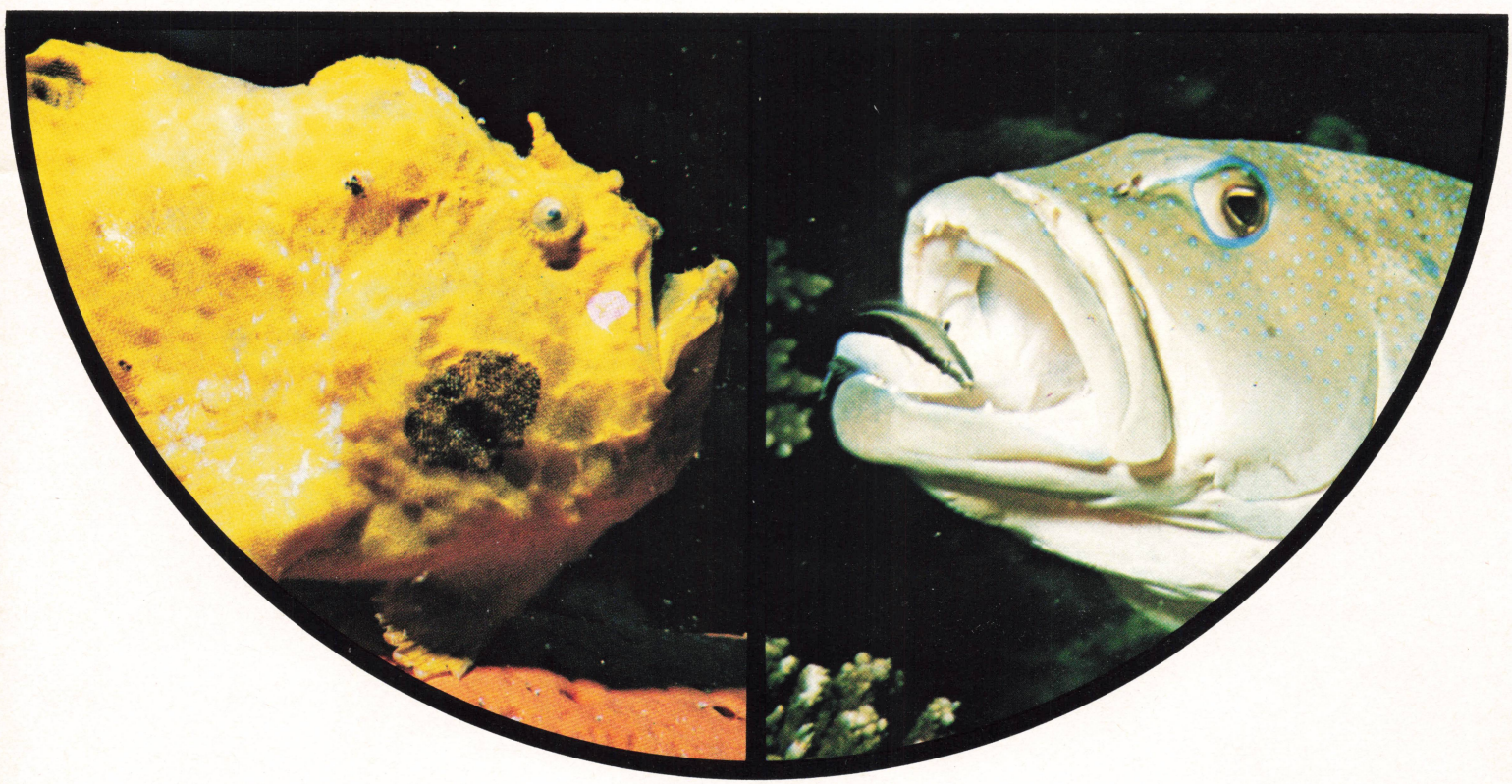
Dinichtys ei säilynyt elossa devonikauden jälkeen, mutta aikanaan se on varmasti terrorisoinut meriä.

Suurikitaisia. *Onkijakala (alla vasemmalla) odottaa pahaa aavistamatonta saalistaan. Korallitaimen (muuan meriahven) avaa suunsa puhdistettavaksi (alla oikealla).*

Dinichtys ja muut panssarihait kuuluivat panssarikalojen luokkaan (*Placodermi*). Panssarikalat olivat alkukalojen suoraan alenevia jälkeläisiä. Useimmat niistä olivat panssaroituja, ja niiden tukiranko oli yleensä rustoinen (toisin kuin myöhemmin kehittyneillä luukaloilla).

Devonikausi oli kalojen nopean evoluution aikaa. Uusia muotoja syntyi ja katosi suhteellisin lyhyin väliajoin. Näihin aikoihin varsieväiset kalat — alaluokka *Crossopterygi* — uskaltautuivat maalle.

Devonikaudella tapahtunut leukojen kehittyminen on voinut johtua raivokkaan selkärangattoman saalistajan, meriskorpionin, olemassaolosta. Meriskorpionin saaliseläimet ovat valintapaineessa saattaneet kehittää alkukalojen ja panssarikalojen suojuspanssarin. Leuallisten kalojen ilmaantuessa meriskorpionit joutuivat väistymään. Devonikautinen leuallisten kalojen yleistyminen on osoituksena evoluutiossa tapahtuneesta läpimurrosta.



Nykyiseksi kalaksi

Sekä panssarikalat että myös alkukalat muistuttivat kaloja, mutta ne eivät kuitenkaan olleet oikeita luukaloja. Panssarikaloista kehittyneimpiin nykyisiin kaloihin johtaneet evoluutiolinjat eivät ole täysin selvillä. Jossakin kalantapaisten alkukantaisten leuallisten joukossa on syntynyt tämänpäiväisten valtameriemme asukkaiden esimuodot.

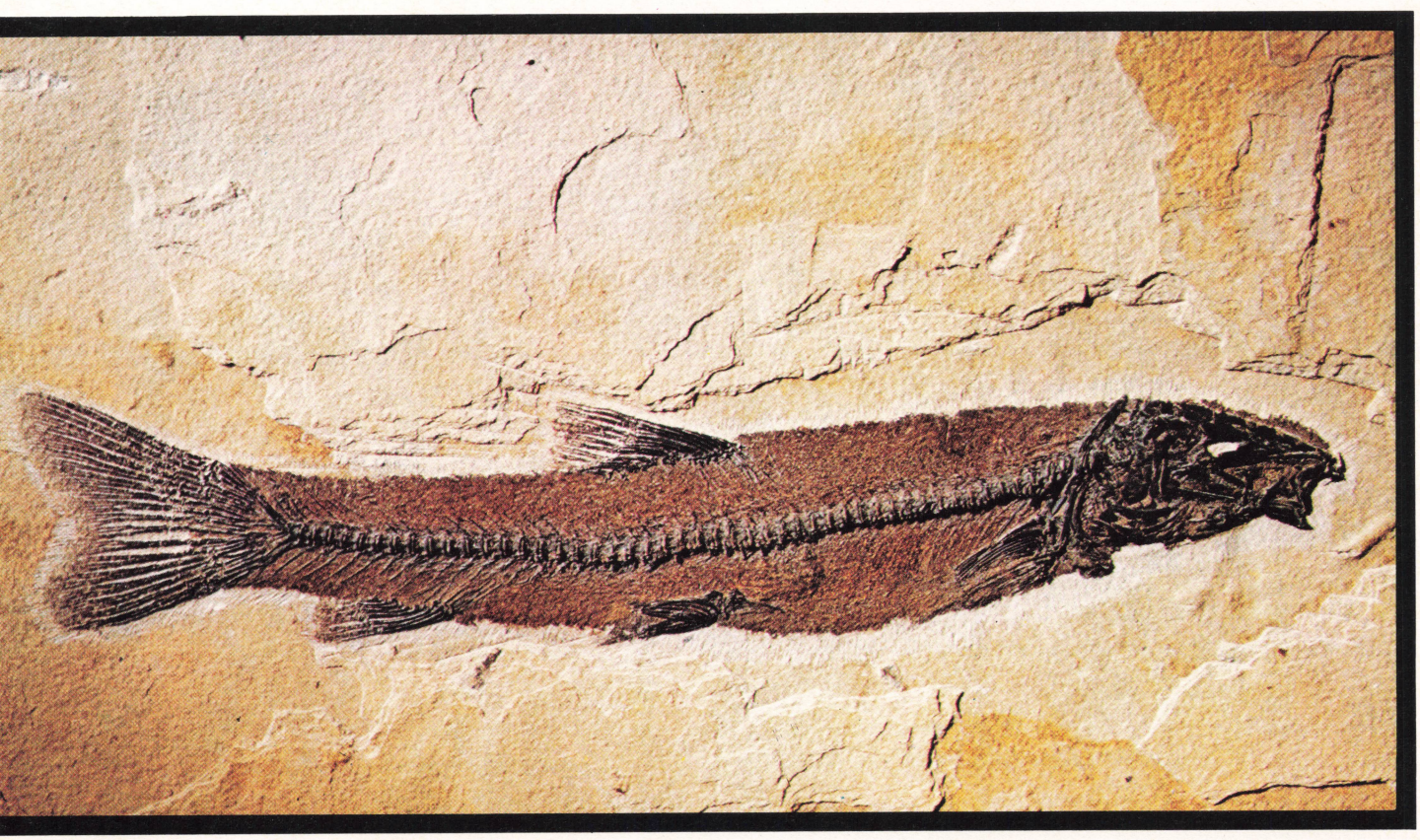
Ensimmäisiä seikkoja, joihin nykyisiä kaloja, vaikkapa kampelaa tai turskaa, syövä henkilö kiinnittää huomiota, on se, että niissä on ruotoja.

Mikäli haikaloja tai rauskuja käytettäisiin yleisemmin ravinnoksi, toteaisimme, että niillä on pehmeämpi tukiranko kuin esimerkiksi turskalla. Hait sukulaisineen ovat rustokaloja (*Chondrichthyes*), muut nykyaikaiset kalat taas luukaloja (*Osteichthyes*).

Haikaloja pidetään tavallisesti alkukantaisempina kuin luukaloja, vaikka itse asiassa molemmat ryhmät ovat kehittyneet devonikaudella. Hait sen sijaan eivät ole paljoakaan muuttuneet paleotsooisista muodoista. Ne kehittivät nopeasti eräitä säilymisen kannalta onnistuneita piirteitä: elävien poikasten synnyttämisen, hampaiden jatkuvan uusiutumisen, liikkumisnopeuden, hyökkäävän käyttäytymisen, keuhkojen tai uimarakon puuttumisen sekä virtaviivaisen ruumiinmuodon.

Luukalojen kehityshistoria on monimutkaisempi. Jotkut vedessä elävät muodot (kuten liejuryömijät ja kiduspussimonnit) kiipeilevät väliin maallekin, mutta useimmat luukalat ovat pysyneet vedellisessä ympäristössä. Tätä kalaryhmää kutsutaan viuhkaeväisiksi (*Actinopterygii*).

Kivettynyt kala. *Meren tai järven lieju ja muta voi nopeasti peittää kuolleen tai kuolevan kalan ja näin säilöä sen jälkipolville.*



Reliktimuoto. *Sampi on yksi harvoista elossa säilyneistä kiillesuomuisista kaloista. Se on asustanut merissä 300 miljoonan vuoden ajan.*

Maalle kiipeilevät muodot ovat olleet sammakkoeläinten (samoin kuin kaikkien maaselkärankaisten) esi-isiä. Tällaisia ryhmiä ovat varsieväkalat, keuhkokalat sekä eräät muut erikoiset tyypit. Useimmat tämän ryhmän muodoista ovat joutuneet menestyksellisempien jälkeläistensä syrjäyttämiksi. Valtaosa näistä kaloista luetaan varsieväisten alaluokkaan (*Crossopterygii*). Keuhkokalojen ryhmän nimenä on *Dipnoi*.

(Valitettavasti kalantutkijoiden eli iktyologien antamat nimet ovat monesti hyvin hankalia lausuttaviksi. Lisää kärsivällisyyttä kuitenkin vielä tarvitaan.)

Viuhkaeväisten kalojen myöhempi evoluutiokaavio on suhteellisen suoralinjainen. Alkeellisimmat muodot — kiillesuomuiset — ovat raskastekoisia, suurisuomuisia kaloja. Niillä on epäjakoinen pyrstö, jonka yläliuska on alempaa pidempi. Tämän muinaisen ryhmän ainoita elossa säilyneitä tyyppejä ovat sammet (nekin eläviä fossiileja), niilinhauet sekä eräät muut harvinaiset muodot.

Mesotsooisella maailmankaudella sampikaloista kehittyivät *Holostei*-ryhmän (luuganoidit) kalat. Niilläkin oli vahvat suomut, mutta lisäksi niillä oli uimarakko sampikalojen alkukeuhkojen asemasta. Kaikki tämän ryhmän edustajat ovat kuolleet sukupuuttoon luukaukia ja amioita lukuun ottamatta.

Kenotsooisella maailmankaudella vihdoin kehittyivät lukuisat nykyisten varsinaisten luukalojen tyypit, jotka yhdistetään ryhmäksi *Teleostei*. Tähän ryhmään kuuluu kaloja pikku muduista jättiläismäisiin möhkäkaloihin ja miekkakaloihin saakka. Ilmeisesti kyseessä on runsaslukuisin ja menestyksekkäin selkärankaisryhmä 400 miljoonaa vuotta kestäneen evoluution aikana.

Elämä nousee maalle

Elämä kukoisti vedessä 200 miljoonaa vuotta. Alkukantaisista selkärankaisista tuli aktiivisia, hyökkääviä eläimiä, kun ne saivat leuat ja evät. Edessä oli kuitenkin vielä evoluution suurin käännekohta — nouseminen kuivalle maalle. Ennen kuin todelliset maaeläimet kykenivät elämään etäällä vedestä, maalla täytyi olla tarjolla riittävästi ravintoa — kasveja.

Paleontologien mukaan maakasvit ovat todennäköisesti kehittyneet erikoisumattomista vi-

Koska evoluutiotapahtuma on hidas ja asteittainen, kaloissa on varmastikin tapahtunut maalle nousemista helpottavia muutoksia jo kauan ennen ensimmäisten sammakkoeläinten ilmestymistä.

herlevistä. Selviytyäkseen maalla kasvien oli käytävä läpi huomattavia muutoksia. Kuivumisen välttämiseksi niille täytyi kehittyä kova ulkokuori. Lisäksi ne tarvitsivat erikoislaitteet veden ja ravinnon imemiseksi, itiöt, joita tuuli voisi kuljettaa, sekä tuki- ja johtorakennelman, joka kestäisi painovoiman vaikutuksen. Ainoastaan muutamat merieliöt pystyivät jättämään vesiympäristön.

Kun selkärankaiset kerran olivat sopeutuneet maaelämään, ne mukautuivat lähes kaikkiin mahdollisiin ympäristöihin ja levittäytyivät yli koko maan. Eräät valloittivat myös ilman ja muutamat jopa palasivat takaisin veteen.

Millaiset menneisyydessä tapahtuneet evoluutiomuutokset sitten mahdollistivat eläinten siirtymisen vedestä ja selviytymisen maalla? Varhaisten sammakkoeläinten, ensimmäisten maaeläinten, jäänteitä on löydetty 350—400 miljoonan vuoden ikäisistä devoni- ja kivihiilikautisista kerrostumista. Koska evoluutiotapahtuma on hidas ja asteittainen, kaloissa on varmastikin tapahtunut maalle nousemista helpottavia muutoksia jo kauan ennen ensimmäisten sammakkoeläinten ilmestymistä.

Keuhkoilla on keskeinen merkitys elettäessä maalla. Kidukset ovat varsin tehokas laite ottamaan happea vedestä, mutta maaeläimelle niistä ei kuitenkaan ole hyötyä. Mikäli vesi ei tue kidusten hentoa rakennetta, ne painuvat kasaan ja kuivuvat joutuessaan ilman kanssa tekemisiin.

Luukalojen kehityksen alkuvaiheessa ilmaantuivat keuhkokalat. Tämän ryhmän nykyisilläkin edustajilla on yhä toimivat keuhkot; ne ovat todella ilmaa hengittäviä kaloja. Itse asiassa eräät keuhkokalat hukkuvat, mikäli ne eivät saa siemaista ilmaa.

Mikäli eläin aikoo elää maalla ja etsiä sieltä ruokansakin, sen on kyettävä myös liikkumaan. Evistä ei kuivalla maalla ole juuri hyötyä. Varsieväisten kalojen (*Crossopterygii*) alaluokkaan kuuluvia lajeja oli runsaasti devonikaudella, ja niiden on arveltu olleen maaselkärankaisten esi-isiä.

Varsieväisten kalojen fossiloituneet luurangot ovat samanlaisia kuin varhaisten sammakkoeläinten luurangot. Niiden evät ovat olleet paksut ja lihaksikkaat, ja raajojen luurakennetta voi verrata maaeläinten raajaan.

Varsieväisten kalojen luultiin kuolleen sukupuuttoon noin 70 miljoonaa vuotta sitten. Intian valtameren kalastajat pyydystivät kuitenkin 1938 tähän heimoon kuuluvan varsieväkalan, jonka siis oli arveltu kadonneen jo dinosauruksien aikana.

Muutamat nykyiset kalat, kuten liejuryömijät ja kiduspussimonnit, kykenevät elämään jonkin aikaa veden ulkopuolella ja liikkumaan kuivalla maalla. Näiden lajien evoluutioon vaikuttaneet ympäristötekijät ovat todennäköisesti olleet samat kuin ensimmäisillä vedestä nousseilla kaloilla miljoonia vuosia sitten: vesilammikot ovat kuivuneet, ravinto on käynyt vähiin, ja kalojen on ollut pakko löytää uusi elinympäristö, koska ne muuten olisivat kuolleet.

Pois vedestä. *Kiduspussimonni (alla) ja liejuryömijä (yllä) kykenevät vaeltelemaan maalla ja jopa ottamaan happea ilmasta.*

Varsieväkala

Varsieväkalat ansaitsevat paikkansa evoluution historiassa sillä perusteella, että niitä pidetään ensimmäisten maaeläinten edeltäjinä. Niiden paksut, lihaksikkaat evät ovat luustorakenteeltaan yksinkertaisia, mutta tästä perusmallista on kuitenkin johdettavissa maaeläinten raaja.

Varsieväkalan evän tyviosassa on vain yksi luu, seuraavassa jaokkeessa on kaksi luuta, ja kärkiosassa ruodot haarautuvat säteittäisesti. Periaate on siis sama kuin ihmisen kädessä, jossa on yksi olkavarren luu, kaksi kyynärvarren luuta sekä useita kämmen- ja sormiluita.

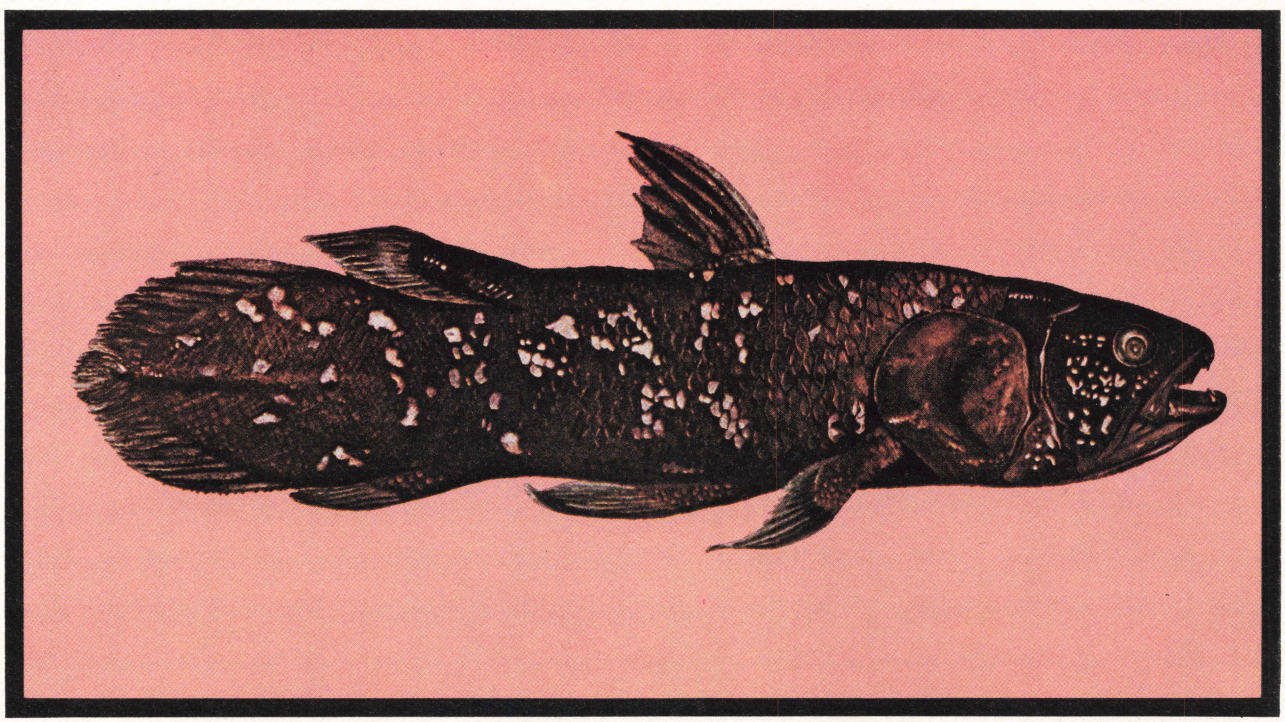
Myös varsieväisten kallon ja aivokopan luustorakenne muistuttaa selvästi fossiileina tunnettujen alkusammakkoeläinten vastaavaa rakennetta.

Ensimmäinen löydetty varsieväkala toimitettiin eteläafrikkalaisen East Londonin kaupungin luonnontieteelliseen museoon. Laahusnuottaa vetävien kalastajien saaliin joukossa oli ollut oudonnäköinen, lähes puolitoistametrinen ja kuusikymmenkiloinen kala. Sillä oli voimakkaasti esiin pistävä leuka, vahvat hampaat ja varrelliset evät, jotka työntyivät ruumiista raajojen tavoin. Kalastajat olivat tavanneet kalan viitisen kilometrin päässä Chalumnajoen suusta Intian valtamerestä. Tällä alueella ei juuri ollut harjoitettu kaupallista kalastusta. Suuri, teräksensininen kala oli antautunut raivokkaan taistelun jälkeen.

East Londonin museon virkailija Marjorie Courtney-Latimer kuljetti ruhjoutuneen löydön museoonsa. Koska hänen kalakirjoistaan ei ollut apua otuksen määrittämiseksi, neiti Latimer lähetti piirroksen kalasta Rhodesian Grahamstownin yliopiston professorille J. L. B. Smithille.

Vaikka kala oli jo pahoin mädäntynyt professori Smithin saadessa sen tutkittavakseen, hän kuitenkin pystyi määrittämään otuksen varsi-

Elävä relikti. *Tiedemiesten hämmästykseksi löytyi elävä varsieväkala. Varsieväkalojen luultiin kuolleen sukupuuttoon 70 miljoonaa vuotta sitten.*



eväkalaksi — dinosaurusten aikakauden elossa säilyneeksi edustajaksi, jonka kaltaisten oli luultu kuolleen sukupuuttoon 70 miljoonaa vuotta sitten. Smith nimesi kalan *Latimeria chalumnaeksi* nuoren museovirkailijan ja löytöpaikan kunniaksi.

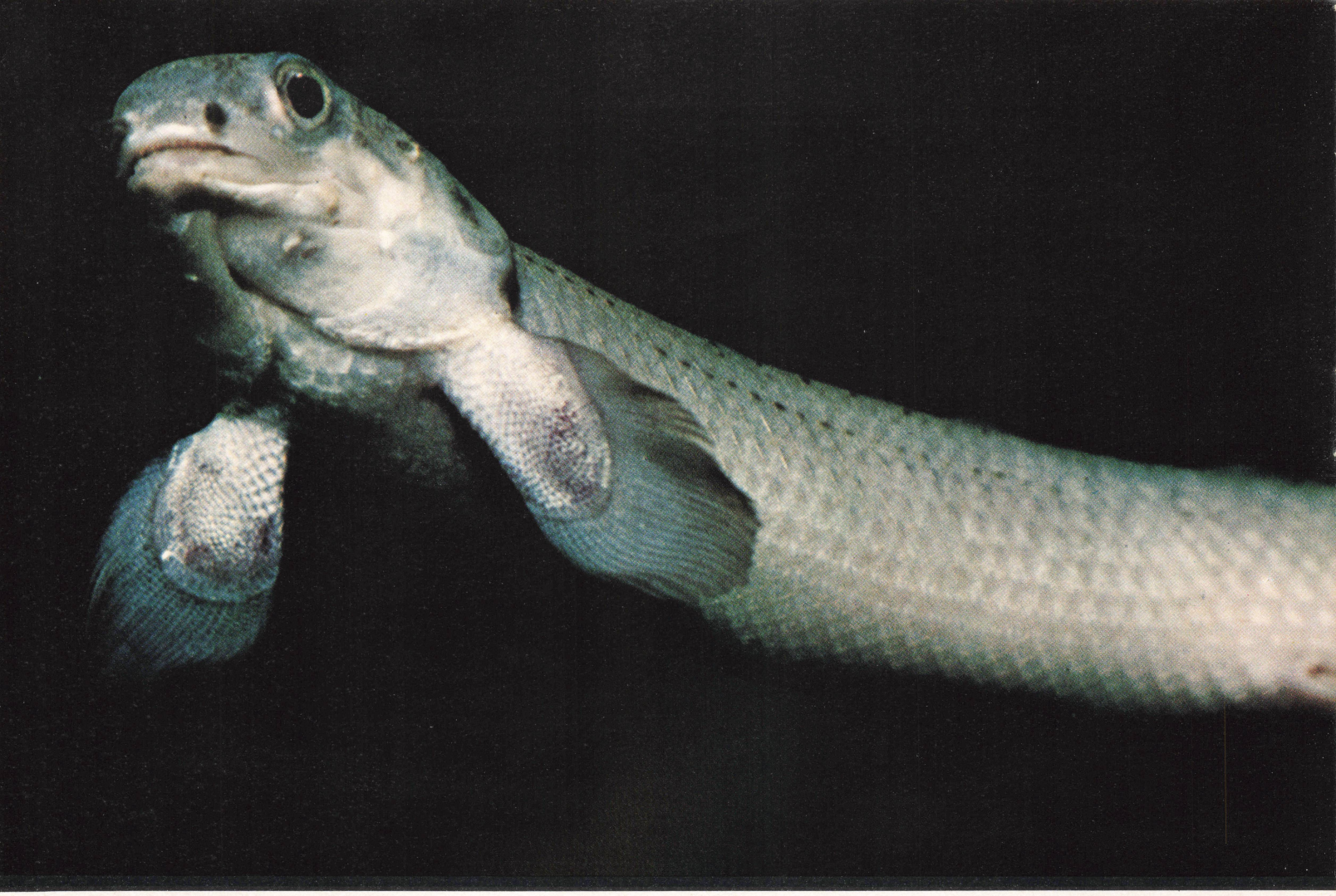
Professori Smith lupasi löytöpalkkion, mikäli joku kalastaja pyydystäisi hänelle varsieväkalan. Kesti kuitenkin 14 vuotta ennen kuin seuraava yksilö tavattiin. Se saatiin parinsadan metrin syvyydestä Komorien saariryhmään kuuluvan Anjuanin edustalta. Kyseessä oli toinen laji, jonka nimeksi annettiin *Malania anjouanae*.

Komorien asukkaat olivat jo kauan tunteneet varsieväkalat, joita he olivat kutsuneet nimellä »gombessa». He pitivät kalaa hyvänmakuisena ja käyttivät sen sitkeää nahkaa hiekkapaperina paikatessaan polkupyöriensä sisärenkaita.

Näiden ensimmäisten löytöjen jälkeen on tavattu muutamia varsieväkaloja, kaikki Komorien saariston läheisyydestä. Niinpä näistä kaloista tiedetään jo enemmän. Ne ovat voimakkaita, paksuruumiisia petokaloja, jotka saalistavat muita eläimiä. Ne voivat kasvaa jopa yli seitsemänkymmentä kiloa painaviksi. Varsieväkalat on pyydystetty yöllä 200—700 metrin syvyydestä, mutta niiden elinympäristöä tai elintapoja ei kuitenkaan tunneta. Niiden rinta- ja vatsaevät ovat muuttuneet varrellisiksi, mikä todennäköisesti auttaa niitä pohjalla ryömimisessä ja pohjan kaivamisessa.

Varsieväkaloilla on elin, jota voisi sanoa valekeuhkoksi. Se on keuhkomainen laite, jota ympäröi paksu, kaasunvaihtoa vaikeuttava kerros. Kalan sydän on varsin yksinkertainen, ja suoli on hyvin samanlainen kuin haikaloilla. Tukiranko ei ole kokonaan luutunut, vaan on pikemminkin rustoinen jänne. Miljoonia vuosia sitten nykyisten varsieväkalojen esi-isät siirtyivät maalle ja olivat näin sammakkoeläinten ja samalla myös kaikkien maaselkärankaisten kehityksen alkukohtana.

Varsieväkalafossiili. *Nykyisten varsieväkalojen esi-isät siirtyivät maalle miljoonia vuosia sitten.*



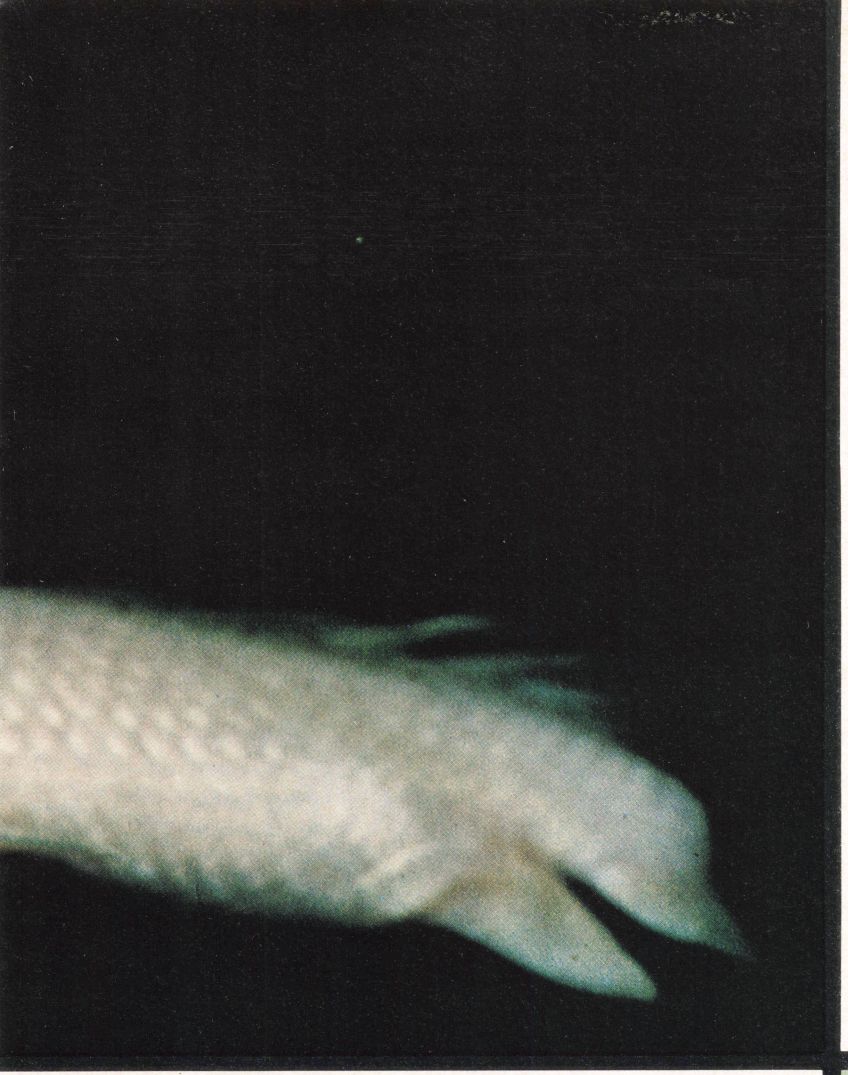
Keuhkokaloja

Dipnoi-alalahkoon kuuluvien keuhkokalojen edustajia on ollut maapallolla jo hyvin kauan. Niiden fossiilijäännöksiä on tavattu 350 miljoonan vuoden ikäisistä devonikautisista kerroksista. Nämä kalat eivät kehittyneet alkeellisiksi maaselkärankaisiksi. Tässä yhteydessä on jälleen muistettava, ettei evoluutiolla ole mitään tiettyä suuntaa ja ettei menestynyt ratkaisu välttämättä edellytä joka suhteessa mukautumista tiettyyn elinympäristöön.

Dipnoi-alalahkon edustajille kehittyi ilmaa hengittävät elimet jo luukalojen varsin varhaisella evoluutioasteella. Näiden hengityselinten avulla tällaiset kalat kykenivät säilymään elossa sellaisessakin vesiympäristössä, jossa vesi aika ajoin kuivui. Nykyisin tällainen tilanne vallitsee suurten trooppisten jokisysteemien, esimerkiksi Amazonin alueilla, joilla kuivana kautena osa joistosta ehtyy vesilammikoiksi.

Miljoonia vuosia sitten suuressa osaa maapalloa vallitsivat trooppiset tai puolitrooppiset olosuhteet, joten tällaisia elinympäristöjä oli ilmeisesti paljon. Tilapäinen hapenpuute erillisissä, kuivuvissa vesilammikoissa tukehdutti helposti kalat, ennen kuin nämä olivat kehittyneet ilmaa hengittäviksi.

Tukehduttavissa vesissä elävät kalat todennäköisesti alkoivat haukkoa ilmaa vedenpinnan yläpuolelta. Ne saivat happea suun ja ruoansulatuskanavan kostean ihon lävitse. Hapen imeytymisen lisäämiseksi tapahtuneet evoluutiomuutokset voimistivat suolenseudun verenkiertoa. Aikaa myöten happea sitova pinta muovautui pussiksi, joka muuttui pitkäksi ja haaraiseksi, jotta kaasunvaihduntapinta enenisi. Nykyisten maaselkärankaisten alkionkehitys osoittaa keuhkojen todella olevan alkuisin ruoansulatuskanavan pullistumasta.



me vuotta, vaikka muta kuivuisikin. Tällöin se hengittää ilmaa.

Toisin kuin muut keuhkokalat amerikankeuhkokala, *Lepidosiren,* on täysin riippuvainen ilman hengittämisestä ja tukehtuu veden alla pidettynä. Ennen Amazonin sivujokien kuivumista tämä kala kaivautuu mutaan, kiertää pyrstönsä pään ympärille ja on horroksissa sateiden saapumiseen saakka.

Eräät tutkijat arvelevat, että keuhkokalojen nykylevinneisyys viittaisi siihen, että Afrikka, Australia ja Etelä-Amerikka olisivat aikoinaan olleet yhtenä manterena. Fossiilisia keuhkokaloja on tavattu Yhdysvalloista, Euroopasta ja Intiasta. Kenties elossa säilyneet ryhmät ovat jäänteitä aikaisemmin yhtenäisestä populaatiosta, jonka mannerten erilleen siirtyminen on hajottanut.

Kala joka voi hukkua. *Amerikankeuhkokala* Polypterus *(vasemmalla) hukkuu, mikäli se ei saa hengitettäväkseen ilmaa.*

Horroksissa mutamöykyn sisällä. *Etiopiankeuhkokala (alla) koteloituu mutamöykyn sisään säilyäkseen kuivumatta. Tällaisen kalan voi lähettää vaikkapa lentopostina.*

Keuhkokaloja tavataan tällä hetkellä kolmella alueella: Australiassa, Afrikassa ja Etelä-Amerikassa. Australiankeuhkokala, *Neoceratodus,* on kaikkein alkukantaisin. Sen parilliset evät ovat lyhyiden tynkien päässä kuten varsieväkalojenkin evät. Etiopiankeuhkokalan ja amerikankeuhkokalan evät ovat sitä vastoin muovautuneet pitkiksi, säikeisiksi aistinelimiksi.

Australiankeuhkokala on isokokoinen; se voi kasvaa yli puolitoistametriseksi. Australian ensimmäiset asukkaat ovat käyttäneet sitä ravintonaan. Tämän lajin keuhkon varsin kehittynyt; elimen käyttötapaa ei kuitenkaan ole täysin selvitetty.

Etiopiankeuhkokala kuuluu sukuun *Protopterous.* Se elää joissa ja soilla Niilistä Nigeriin ja Kongoon saakka. Vedessä kala hengittää kiduksillaan, mutta kuivana kautena se voi kaivautua mutaan ja pysytellä hengissä jopa kol-

Sopeudu tai häviä

Olemme nähneet, kuinka keuhkojen ja raajojen kehittyminen muinaisille kalalahkoille johti niiden onnistuneeseen siirtymiseen kuivalle maalle. Myös monille nykyisille kalamuodoille on kehittynyt kyky pysytellä pitkiä aikoja poissa vedestä. Liejuryömijä on mielenkiintoinen pieni kala, joka tulee kuivalle maalle, vaikka sillä ei edes ole keuhkoja. Liejuryömijät elävät Afrikan, Australian ja Aasian rannikoiden murtovesissä. Ne kuluttavat melkoisen osan ajastaan ryömiskellen laskuveden aikana ympäriinsä mangroveiden joukossa ja etsiskelevät hyönteisiä, jotka ovat tärkeä osa niiden ravintoa.

Liejuryömijät kipittävät eteenpäin lihaksikkaiden rintaeviensä varassa, ja niiden nopeus maalla saattaa olla jopa noin 50 metriä minuutissa. Joskus ne käyttävät pyrstöään ponnahtaakseen ilmassa lähes metrin verran eteenpäin. Liikkuessaan rintaeviensä avulla liejuryömijät ehkä jäljittelevät sitä liikuntatapaa,

*Saanko luvan? Nämä **liejuryömijät** tähyilevät ilmassa näkemiseen sopeutuneilla periskooppisilmillään ravintoa tai vaaran lähestymistä.*

Kala kuivalla maalla. *Tämä liejuryömijä ei suinkaan ole avuton ollessaan poissa vedestä. Sienimäisen kudoksen muodostamat pussit pitävät sen kidukset kosteina ja mahdollistavat hengittämisen ilmassa.*

jolla varsieväkalat vaelsivat maalla miljoonia vuosia sitten.

Liejuryömijöillä ei ole keuhkoja. Ne pystyvät kuitenkin olemaan poissa vedestä pitkiä aikoja, sillä ne kuljettavat veden mukanaan. Ne varastoivat vettä kidusten lähellä oleviin sienimäisestä kudoksesta muodostuneisiin pusseihin. Tämä vesi pitää kidukset märkinä ja mahdollistaa eräänlaisen »vedenalaisen» hengityksen kuivallakin maalla. Koska liejuryömijöiltä loppuu happi varsin pian, niiden voi usein nähdä upottavan päänsä veteen uudistaakseen sienimäisten pussiensa vesivarastot. Tiedemiehet ovat osoittaneet vääräksi sen vanhan uskomuksen, että liejuryömijät hengittäisivät pyrstönsä kautta. Nämä kalat hengittävät kiduksillaan silloinkin, kun ne ovat poissa vedestä.

Muuan vähäpätöinen, täysikasvuisenakin vain noin neljän sentin mittainen pohjoisamerikkalainen kala, »aavikkosardiini», on kyennyt vastaamaan kaikkiin muuttuvan ympäristön esittämiin haasteisiin.

Kun Pohjois-Amerikan manner oli osittain jäätiköiden peitossa 10 000—30 000 vuotta sitten, Kuoleman laakson paikalla oli makeavetinen Manlyjärvi. Jäätiköiden vetäytyessä ilmasto muuttui kuumemmaksi ja kuivemmaksi. Manlyjärvi siihen liittyvine vesistöineen alkoi kuivua. Järven monista kalasuvuista vain yksi pystyi kestämään ympäristön muutokset. Sen kaksi lajia oli kilpailukykyisiä. Ne ovat pystyneet selviytymään tähän saakka sellaisissa eristetyissä paikoissa, joiden vesivarat eivät koskaan ole ehtyneet.

Nämä pikkukalat sietävät suuria lämpötilojen vaihteluja. Niiden asuttamia aavikon virtoja ja lammikoita voi talviöinä peittää ohut jää, ja kesäisin vesiuomien lämpötila saattaa nousta lähelle +40 astetta. Myös näiden eläinten suolansietokyky on vaikuttava. Ne menestyvät lämpimien lähteiden makeassa vedessä yhtä hyvin kuin aavikon soissa, joiden suolapitoisuus on lähes yhtä korkea kuin meriveden.

''Aavikkosardiinien'' lisääntymistehokkuus on suuri, ja ne pystyvät menestyksekkäästi säilyttämään pienikokoiset elinkykyiset kannat. Muuan tällainen populaatio elää pitkässä ja kapeassa lähteessä, jonka syvimmässä kohdassa on vain viisi senttiä vettä. Koko lammikossa on vettä noin 240 litraa — tuskin riittävästi tavallisen kylpyammeen täyttämiseen. Lähteen asukkaat ovat olleet eristettyjä lähimmistä saman lajin populaatioista ehkä tuhansien vuosien ajan. Kalojen suuri lisääntymistehokkuus mahdollistaa osaltaan eloonjäämisen tällaisessa elinympäristössä. On sentään yksi ympäristö, johon tämä hämmästyttävä kalalaji ei ole sopeutunut: kuiva maa.

Sammakkoeläimet

Ensimmäiset todelliset maalla elävät selkärankaiset olivat sammakkoeläimiä. Noin 350 miljoonaa vuotta sitten eräät varsieväkalat alkoivat liikuskella kuivalla maalla. Mutaatiot olivat valmistaneet näitä kaloja siirtymään pois vedestä varustamalla ne keuhkoilla ja vankoilla lihaksikkailla evillä. Keuhkojen avulla ne pystyivät hengittämään ilmaa, ja evien varassa ne vaelsivat kovapohjaisella alustalla.

Paleontologit löysivät Grönlannista sellaisen eläimen jäännökset, joka oli paljon kehittyneempi kuin ainoakaan varsieväkala. Sille annettiin nimi *Ichthyostega* ja se on muuan alkeellisimmista sammakkoeläimistä. Sillä oli kalan pyrstö ja tukevat raajat — ei siis enää eviä. »Kävelyraajoineen» *Ichthyostega* pystyi kipuamaan jokien rantapenkkojen yli ja käyttämään ravinnokseen sitä vain hiukan aikaisemmin kehittyneitä hyönteisiä.

Perusrakenteeltaan ensimmäiset sammakkoeläimet olivat varsieväisiä kaloja, joiden raajat olivat kehittyneet käyttökelpoisiksi kuivalla maalla liikkumiseen. Koska muita kuivalla maalla liikkuvia selkärankaisia ei ollut lainkaan kilpailemassa sammakkoeläinten kanssa, nämä kukoistivat. Sadan miljoonan vuoden aikana ne kehittyivät lukuisiksi eri lajeiksi ja levittäytyivät eri puolille maapalloa. Niiden fossiileja on löydetty Pohjois-Amerikasta, Euroopasta, Aasiasta ja jopa Antarktikselta.

Evoluutionsa aikana sammakkoeläimet eivät milloinkaan ole onnistuneet täysin vapautumaan vedestä. Useimmat niistä palaavat vielä nykyäänkin veteen lisääntymään. Niiden munat ovat pienikokoisia, ja niitä peittää vain hyytelömäinen suojakerros. Munien ja täysikasvuisten väliset toukkavaiheet eivät lainkaan tule toimeen ilman vettä. Sammakontoukilla — »nuijapäillä» — on kehittynyt pyrstö uimista varten, ja ne hengittävät kiduksilla.

Toukan kehittyessä tapahtuu muodonvaihdos: kidukset katoavat, keuhkot ja raajat kehittyvät nopeasti, ja toukasta tulee täysikasvuisen muotoinen sammakko, joka hengittää ilmaa ja elää maalla. On mielenkiintoista havaita eräiden nykyisten sammakkoeläinten ilmeisesti olevan kehittymässä eroon tästä kaksinaiselämästä. Monilla lajeilla ei ole toukkavaihetta lainkaan, vaan poikanen kuoriutuu munasta täysikasvuisen muotoisena, mutta pienoiskokoisena sammakkona tai salamanterina.

Fossiilijäännösten sijainnin perusteella on selvää, että varhaiset sammakkoeläimet olivat paljolti vesieläimiä ja elivät yhä rinnan varsieväkalojen kanssa. Meillä on lamarckismiin vivahtava taipumus tehdä tämänkaltaisia kysymyksiä: Miksi alkeellisille sammakkoeläimille kehittyi raajat ja niistä tuli maaeläjiä? Johtuiko se tarpeesta hengittää ilmaa, vai oliko tarkoituksena löytää uusia ravintolähteitä tai paeta vihollisia?

Monet tutkijat ovat tulossa siihen paradoksaaliseen päätelmään, että sattumalta kehittyneiden raajojen avulla sammakkoeläimet pystyivät pysyttelemään vedessä! Devonikausi, jonka kuluessa sammakkoeläimet kehittyivät, oli jaksoittaisten kuivuuskausien aikaa. Sammakkoeläimet eivät kuitenkaan olleet edullisemmassa asemassa edes silloin, kun eristetyistä lammikoista tuli seisovavetisiä, sillä myös varsieväkalat pystyivät hengittämään ilmaa. Ravintovarastojen ehtyessä syntyi epätoivoinen tilanne, joka mutkistui entisestään lammikon kuivuessa. Kun tähän pisteeseen jouduttiin, sammakkoeläimet menestyivät hyvin. Vähän aikaisemmin kehittyneillä raajoillaan ne kykenivät liikkumaan nopeasti maalla ja löysivät pian uuden lammikon, jossa ne jälleen saattoivat jatkaa vesielämäänsä. Maalla liikkumiseen soveltuvat raajat kehittyivät näköjään siksi, että eläimet niiden ansiosta saattoivat pysytellä vedessä — ei siksi, että ne niillä olisivat päässeet vedestä pois.

Raajallinen kala. *Näiden sammakontoukkien kehitys kertoo niiden menneisyydestä. Ne aloittavat elämänsä kalamaisesti kuoriutuen suojattomista munista vesiympäristössä. Niillä on pitkä pyrstö, ja ne ottavat happensa kiduksilla vedestä. Kehityksen edetessä niille alkavat muodostua raajat, niiden pyrstö häviää ja niille kehittyy kyky hengittää ilmaa. Esi-isiensä tavoin ne voivat siirtyä lammikosta toiseen löytääkseen ravintoa tai paetakseen uhkaavaa kuivuutta.*

Tunne esi-isäsi

Siitä lähtien kun ihminen alkoi ajatella, häntä on ehkä kaikkein eniten askarruttanut kysymys: mistä minä olen tullut? Evoluutiotiede kehittyi vastaamaan tähän kysymykseen. Ennen evoluutikkoja oli šamaaneja, teologeja, tietäjiä, filosofeja sekä monia muita, jotka esittivät erilaisia teorioita ihmiskunnan alkuperästä. Geenien ja kromosomien toiminta ja erityistapahtumat ymmärrettiin kuitenkin vasta evoluutiotieteen kehityttyä.

Nykyisin monien eri alojen tiedemiehet tutkivat evoluutiota. Heidän joukossaan on biologeja, paleontologeja, antropologeja, kemistejä, fyysikkoja ja perinnöllisyystieteilijöitä. He pyrkivät vastaamaan sekä »suuriin» että »pieniin» kysymyksiin. He eivät selvittele ainoastaan ihmisen alkuperää koskevia ongelmia, vaan myös sellaisia probleemoja kuin: mistä on peräisin Limuluksen ommatidin parabolinen muoto? Tiede etsii tietoa ja tieteellisessä tutkimuksessa yhdistyvät kokeellinen tutkimus (olettamusten testaaminen kokeiden avulla) ja empirismi (joka käyttää luonnonoloissa tehtyjä havaintoja).

Evoluutiotiede alkaa orgaanisen kemian tutkijoista, koska he etsivät vastauksia kysymyksiin elämän kemiallisesta perustasta ja ovat tekemisissä alkuperäisen »vaiheet aineesta elämään» -käsitteen kanssa. Kemistit ja molekyylibiologit tutkivat yhdessä solun ja sen nukleiinihappojen (DNA:n ja RNA:n) toimintaa. Ehkäpä jo huomenna tietomme saavuttaa korkeamman tason, ja havaitsemme, että nämä aineet eivät olekaan perinnöllisyyden ainoita tekijöitä. Ydinfysiikassa on tapahtunut tähän verrattavissa olevaa kehitystä. On käynyt ilmi, että maailmankaikkeuden rakennusosia on valtavan paljon useampia kuin yleisesti tunnetut alkeishiukkaset protoni, neutroni ja elektroni.

Molekyylibiologit etsivät lisätietoa kehityksen kannalta olennaisista yhdisteistä tutkimalla solua. Perinnöllisyystieteilijät työskentelevät geenien ja kromosomien kanssa. Nämä ovat elävien kudosten soluissa olevia nukleiinihappoyhdisteitä. Perinnöllisyydentutkijat tarkastelevat evoluutiota ja perinnöllisyyttä sekä eliöissä että koeputkessa.

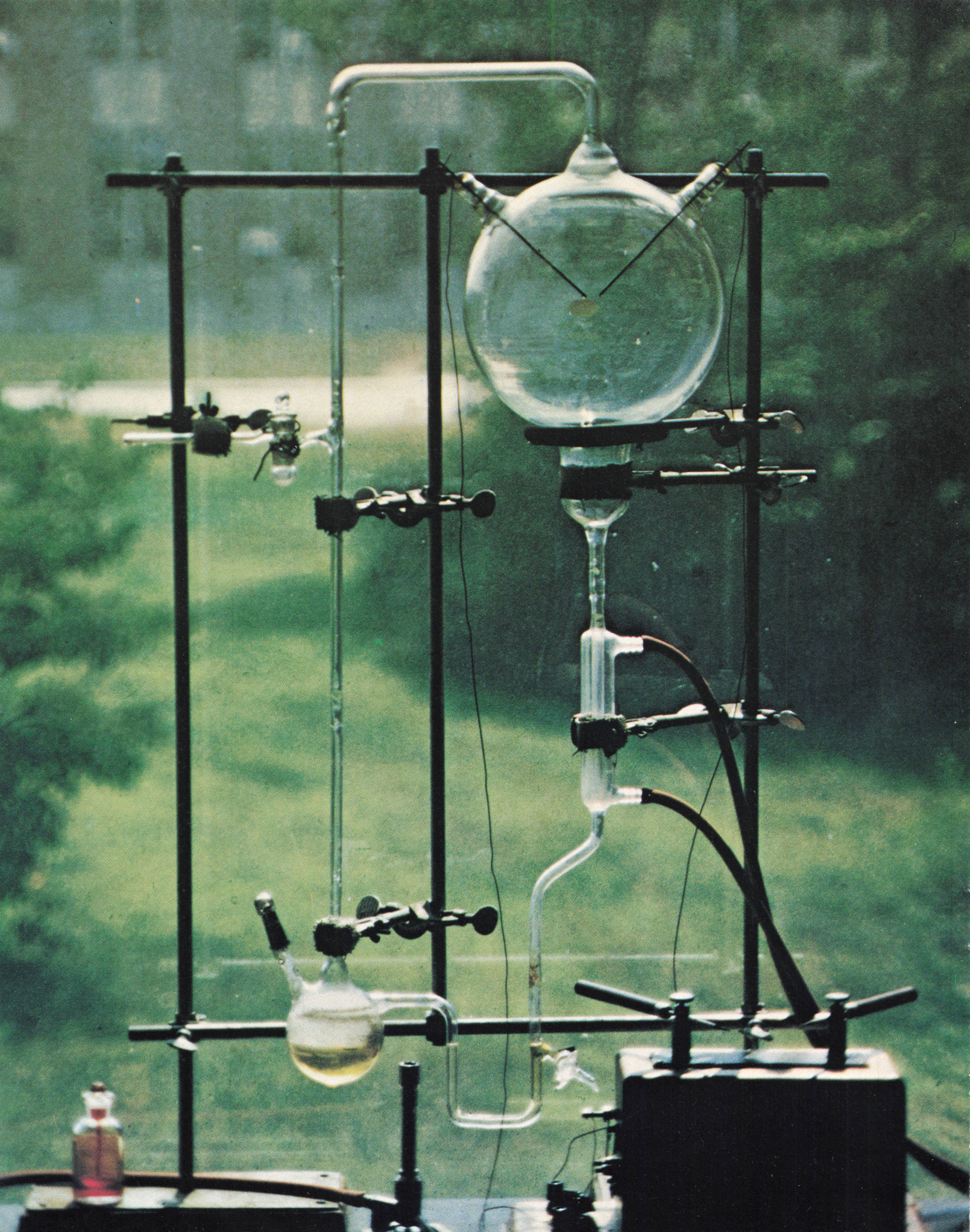
Fyysikot ovat yhteistyössä monien evoluutiotutkijoiden kanssa lisätäkseen tietoa evoluution ja elämän dynamiikasta. Energia paljastuu jälleen elämän kipinän alkupisteeksi ja elämän jatkumisen lähteeksi. Esimerkiksi ravintoaineiden käyttö aineenvaihdunnassa vapauttaa tiettyjä määriä energiaa. Tämän energian mittaaminen ja parempien ravinnonkäyttötapojen vertailu ovat tärkeitä osia elämän varhaisen kehityksen selvittämisessä.

Nykyisin monien eri alojen tiedemiehet tutkivat evoluutiota. Heidän joukossaan on biologeja, antropologeja, kemistejä, fyysikkoja ja perinnöllisyystieteilijöitä.

Paleontologit ja geologit ovat tekemisissä kivissä ja kallioissa säilyneiden muinaisaikojen elämän jäännösten kanssa. Tärkeä aikaperspektiivi on heillä vakaasti mielessään. Heillä on aineistot, joissa he todellakin näkevät evoluution todisteet edessään. He esimerkiksi jäljittävät kalan muuttumista pitkän ajanjakson kuluessa sammakkoeläimeksi. Paleontologin on aina ajateltava neljässä eri ulottuvuudessa.

Antropologit viimein tutkivat suoraan ihmisen fyysistä historiaa sekä hänen kulttuurissaan tapahtuneita muutoksia. Ihmisfossiileja ei ole kovinkaan paljoa, sillä ihmiset eivät yleensä kuole sellaisissa paikoissa, joissa fossiilien muodostuminen olisi todennäköistä.

Ihminen ja Jumala. *Michelangelon näkemys ihmisen luomisesta on melkoisesti ristiriidassa Homo sapiensin kehityksestä vallitsevan nykykäsityksen kanssa.*



Noituutta laboratoriossa

Hullu tiedemies tuijottaa mikroskooppinsa putkeen. Hänen takanaan padat kuplivat, kipinät rätisevät ja korppi kököttää pölyisen kallon päällä huoneen nurkassa. Tiedemies nauraa kaakattaa: »Vihdoinkin olen luonut elämää.»

Kuva on kaukaa haettu, mutta alkeellisen elämän luominen laboratoriossa on mahdollista. Työskennellessään väitöskirjatutkimuksensa parissa tohtori S. L. Miller kehitti menetelmän, jonka avulla hän halusi nähdä, mitä ehkä oli tapahtunut muinaisella maapallolla. Hän tahtoi tietää, voitaisiinko elävien kudosten orgaaniset yhdisteet syntetisoida sellaisesta kaasuseoksesta, jollainen saattoi olla maapallon ilmakehänä noin 4 miljardia vuotta sitten.

Tri Millerin käyttämät kaasut olivat niitä, joita purkautuu tulivuorista — näistähän maapallon varhaisilmakehä oli suureksi osaksi peräisin. Seoksessa oli hiilen oksideja, vetyä, metaania ja ammoniakkia. Tri Miller sijoitti tämän uudestiluodun ilmakehän suljettuun kammioon, antoi sen kuplia veden läpi ja kohdisti siihen 60 000 voltin sähkökipinöitä. Kaasuseosta kierrätettiin yhä uudelleen järjestelmän läpi vaihtelevan pituisia, jopa viikon mittaisia aikoja.

Sähkökipinöillä pyrittiin jäljittelemään varhaismaapallon salamoita, ja jälleenkierrätys lyhensi prosessiin tarvittavaa aikaa. Miller oli luonut mallin muinaisesta valtamerestä ja ilmakehästä ja antoi sen toimia. Ja se toimi. Noin viikon kuluttua vesi oli muuttunut tummaksi ja sameaksi ja sisälsi aminohapoista sekä muista orgaanisista yhdisteistä koostuvan seoksen. Miller oli osoittanut, että elämän perusyhdisteet olivat voineet syntyä tulivuorikaasuista ja vedestä.

Sen jälkeen muut tutkijat ovat syntetisoineet valkuaisaineita, entsyymejä ja mutkikkaampia elämän perusyhdisteitä epäorgaanisesta aineesta. Aivan äskettäin geologit ovat kiinnittäneet huomionsa fossiilisten aminohappojen löytymiseen hyvin vanhoista kivistä ja meteoreista — ehkäpä niitä pian tutkitaan myös kuunäytteistä. Erittäin vanhoissa kallioissa tiedetään olevan itiöitä ja leviä — jotkut näistä ovat yli 3 miljardia vuotta vanhoja — mutta työskentely fossiilisten orgaanisten yhdisteiden parissa voi paljastaa jälkiä elämästä, vaikka minkäänlaisia fossiileja ei tunnettaisikaan. Maahan putoavissa meteoreissa on usein hiiliyhdisteitä, jotka viittaavat siihen, että elämän varhaisvaiheet saattaisivat järjestäytyä jossakin avaruudessa. Tai ehkä nämä hiiliyhdisteet ovat kaikki, mitä on jäljellä jostakin ennen meitä olemassa olleesta elämänmuodosta, jonka tunnemme vain maan vetovoimakentän sieppaamien meteoreiden perusteella.

Työskennellessään näiden haamumaisten elämän jälkien parissa kemistin on huolellisesti vältettävä saastuttamasta tutkimuskohteitaan. Sormenjäljessä on aminohappoja, valkuaisaineita, rasvoja, lipidejä, sokereita ja suoloja. Jokaisella uloshengityksellä puhallamme ympäristöömme elämälle luonteenomaisia yhdisteitä. Pöly sisältää eläviä itiöitä ja siitepölyhiukkasia. Kumihansikkaan hitunen sisältää pitkäketjuisia hiiliyhdisteitä. Joutuessaan vääriin paikkoihin kaikki nämä yhdisteet saattavat aiheuttaa virhetulkintoja.

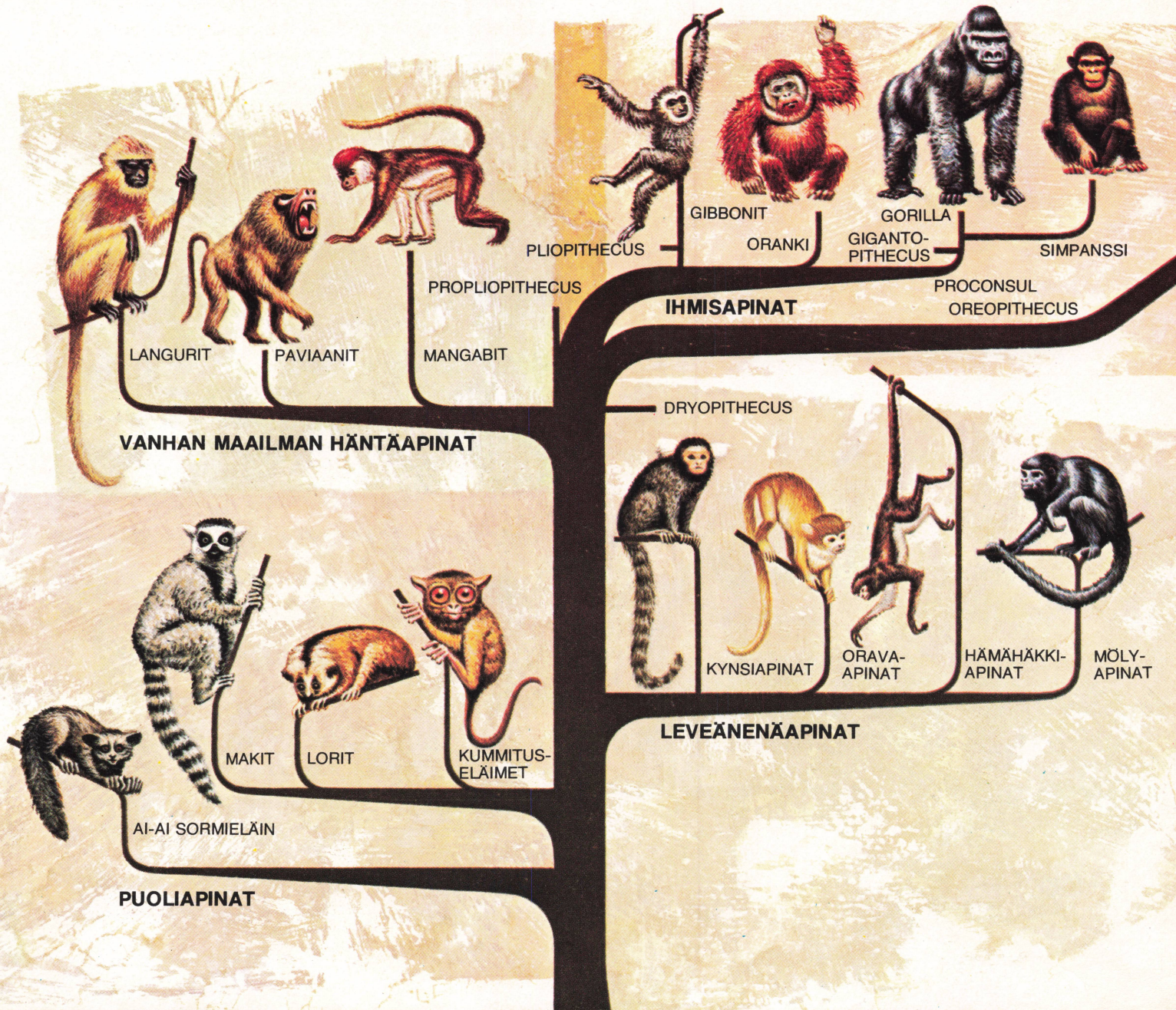
Elämän salaisuuksiin sukeltautuvan nykyajan noidan on työskenneltävä tahrattoman puhtaassa ja pölyttömässä laboratoriossa. Korpeille, muinaisille ennusmerkeille tai sammakonkielillä täytetyille pulloille ei ole sijaa ihmisen viimeisimmissä yrityksissä luoda elämää.

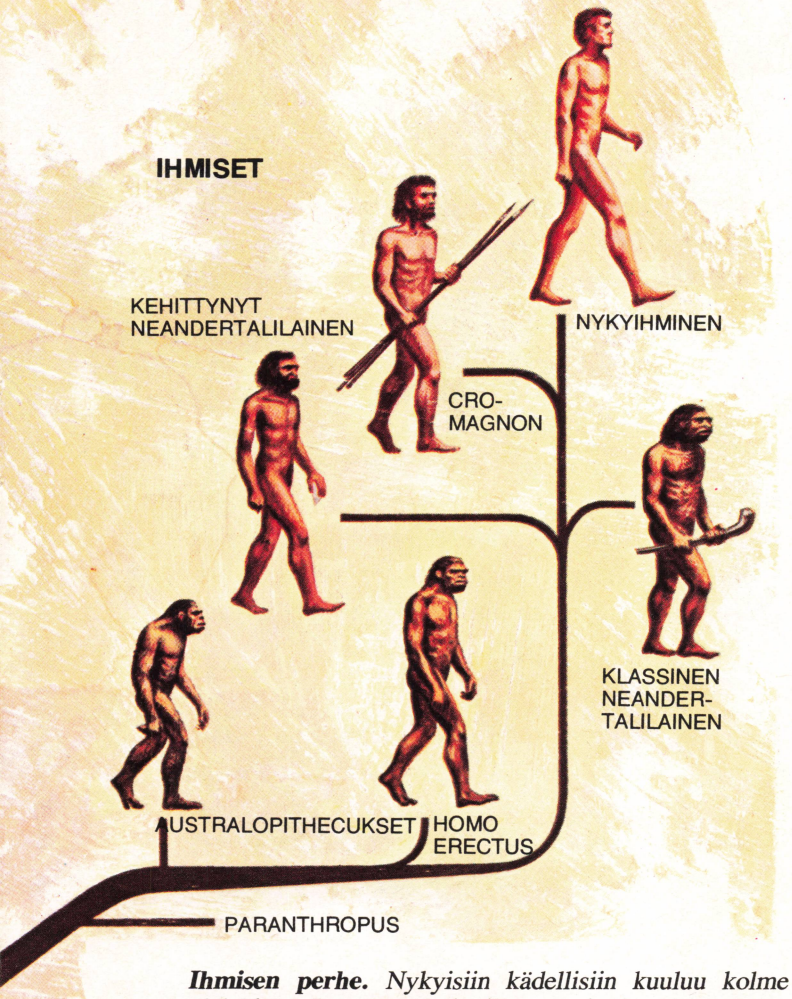
Toimiva malli. *Kuvan esittämä laitteisto voidaan pystyttää missä hyvänsä laboratoriossa, ja siinä voidaan suorittaa uudelleen tri Millerin koe. Laitteiston pääosia ovat niin sanottu Tesla-käämi, jolla tuotetaan runsasenergiaisia sähkökipinöitä, ja kookas, elektrodein varustettu pullo, jossa on vettä ja muinaisen maapallon ilmakehää jäljittelevää kaasuseosta. Lisäksi tarvitaan lämpölähde, jolla koko tapahtuma käynnistetään.*

Tie ihmiseksi

Jos maapallon geologinen aika-asteikko piirrettäisiin 1000 metrin pituiseksi, niin sen osan pituus, jona eläimistä on jäänyt selviä fossiileja (aika kambrikaudesta nykyaikaan), olisi noin 127 metriä. Ihmisen olemassaoloajan pituus olisi tässä asteikossa noin 25 senttiä.

Harhakäsitys, jonka mukaan ihminen on kehittynyt ihmisapinoista, on ollut antropologien riesana vuosikaudet. Nykyiset ihmisapinat eivät ole ihmisen esi-isiä, vaan ihminen ja ihmisapinat polveutuvat yhteisestä kantamuodosta, joka muistutti melkoisesti ihmisapinoita. Näihin yhteisiin esi-isiin lukeutui epäilemättä kokonainen sarja välittäviä ihmisapina-ihminen -vaiheita. Me olemme kehittyneet samasta geenipoolista kuin ihmisapinat. Nykyinen gorilla ja simpanssi ovat hyvin erikoistuneita muotoja, ja ne ovat osa ihmisen sukupuusta. Kenotsooisen kauden keskivaiheilta tunnetaan ihmistä muistuttavia ihmisapinafossiileja. Niiden joukossa saattaa olla tarunhohtoinen »puuttuva rengas», mutta tästä emme milloinkaan voi olla varmoja. On todennäköisintä, että kehityksessä tapahtui runsaasti yrityksiä ja erehdyksiä ja että se kehityslinja, joka tuotti ensimmäiset varhaisihmiset, ulotti juurensa moniin eri sukupuihin.





Ihmisen perhe. *Nykyisiin kädellisiin kuuluu kolme alalahkoa. Leveänenäapinoilla on taipuisa häntä, ja ne ovat yleisesti ottaen alkeellisempia kuin kapeanenäapinat; puoliapinat ovat kaikkein alkeellisimpia, ja eräät niistä muistuttavat hyönteissyöjiä tai jyrsijöitä. Kapeanenäapinoiden alalahko jakautuu kahteen yläheimoon: vanhan maailman häntäapinat sekä ihmisenmuotoiset apinat. Viime mainittu jakautuu kahteen heimoon: ihmisapinat ja ihmiset. Uusimmat tutkimukset viittaavat siihen, että ihminen on paljon läheisempää sukua simpanssille ja gorillalle kuin nämä orangille ja gibboneille — tätä ei oheista sukupuuta laadittaessa ole otettu huomioon. Sukulaisuussuhteet kuvassa esiintyvien esiihmismuotojen välillä eivät missään tapauksessa ole selvät, ja kuva ei esitä läheskään kaikkia tunnettuja eri muotoja.*

Proconsul, muuan fossiilinen ihmisapina, näyttää olevan lähinnä puuttuvaa rengasta. Se oli mahdollisesti pystyasennossa kahden takaraajan varassa kävelevä muoto, ja sen aivojen kehitys oli ilmeisesti hiukan pitemmällä kuin »puhtailla» ihmisapinamuodoilla.

Mikä sitten tekee ihmisapinamaisesta eläimestä esi-ihmisen? Useimmat antropologit sijoittaisivat kahdella jalalla kävelyn ensimmäiseksi kriteeriksi. Tällaisen liikuntatavan seurauksena kädet jäävät vapaiksi ja voivat kehittyä työkalujen käyttöön eivätkä jää pelkiksi kävely- tai puussaheilumisvälineiksi.

Proconsul oli kuitenkin varsin samanlainen kuin ihmisapinat. Ennen pleistoseenikautta eli koko joukko ihmisapinoita, joilla oli esi-ihmiseen viittaavia rakennepiirteitä. Italiasta on löydetty muoto, joka ristittiin *Oreopithecukseksi.* Sen aivot olivat kehittyneet, ja sen asento oli todennäköisesti lähes pysty. Eräästä kiinalaisesta apteekkiliikkeestä löydettiin valtavan suuren, *Gigantopithecukseksi* kastetun eläimen hampaita. Kun kuuluisa antropoligi von Koenigswald sai käsiinsä nämä hampaat, ne olivat myytävinä »lohikäärmeen hampaina», jotka paransivat erilaisia sairauksia ja kohensivat miehistä kuntoa. *Gigantopithecuksen* asema ihmisen evoluutiossa on epäselvä — todennäköisesti se ei kuulu lainkaan meidän kehityslinjaamme — mutta se on kuitenkin ollut suurin koskaan elänyt ihmisapina (pituutta otuksella oli 3,6 metriä!).

Euroopassa on kehittynyt *Oreopithecuksen* lisäksi monia muitakin ihmistä edeltäneitä ihmisapinoita. Hyvin tunnetulla muodolla, jonka nimi on *Dryopithecus,* oli ensimmäisenä meidän kehityslinjaamme kuuluville tyypillinen poskihampaiden nystermäjärjestys, jonka avulla ihmisen sukupuuhun kuuluvat muodot voidaan tunnistaa. Egyptissä on Fayumin kaivauksissa löydetty monia varhaisia kädellisiä. Näistä erityisen merkittävä on *Propliopithecus,* jota pidetään mahdollisena »puuttuvana renkaana».

Nykyisin tunnetaan niin lukuisia ihmistä edeltäneiden muotojen jäännöksiä, että ne viittaavat mahdollisesti polyfyleettiseen (kirjaimellisesti »monilinjaiseen») alkuperään ihmisen kohdalla. On mahdollista, että meillä ja monilla näistä fossiilisista ihmisapinoista on yhteiset kehityslinjat.

Pähkinänsärkijä. *Yksi varhaisimmista ihmisistä oli* Zinjanthropus, *jota usein jykevyytensä vuoksi kutsutaan pähkinänsärkijäksi. Useimmat antropologit pitävät häntä dartiaaneihin kuuluvana ihmiseen johtavan kehityslinjan umpipäätteisenä haarautumana.*

Ihminen ilmestyy

Vuonna 1924 löydettiin Etelä-Afrikasta pienikokoinen kallo. Se oli kuulunut ihmislapselle, mutta oli paljon alkeellisempi kuin ainoakaan aikaisemmin löydetty ihmisfossiili. Myöhemmin löydettiin lisää täysikasvuisten yksilöiden jäännöksiä. Jotkut niistä olivat olleet suunnilleen gorillan, toiset simpanssin kokoisia. Ne olivat kaikki ihmisiä, vaikkakin ällistyttävän alkeellisia. Samanlaisten muotojen jäännöksiä on löydetty myös Itä-Afrikasta, muun muassa Olduvai-rotkosta.

Pienempikokoisten muotojen jäännökset ovat varhaisimpien tunnettujen ihmisten fossiileja. Niitä kutsutaan nykyisin nimellä *Australopithecus* (monia muitakin nimiä on käytetty — kutakin uutta löytöä on tavallisesti pidetty uutena fossiilisena ihmismuotona). Suuremmat, gorillan kokoiset muodot näyttävät johtavan kehitykselliseen umpikujaan. Ne sijoitetaan usein omaan sukuunsa (*Paranthropus*), eikä niitä pidetä nykyihmisen suoranaisina esisinä. Kaikkiaan näitä niin sanottuja dartiaaneja on siis ollut ainakin kaksi eri lajia, kenties kolme. Ne kulkivat kaikki pystyasennossa ja osasivat valmistaa alkeellisia aseita ja työkaluja. Ne metsästivät mahdollisesti yhteistoiminnallisina ryhminä kookkaitakin eläimiä, mutta pääosan ravinnostaan ne ilmeisesti saivat keräilemällä. Eräiden tutkijoiden käsityksen mukaan australopithecukset jopa saattoivat tuntea tulenkäytön; uskovatpa jotkut niiden myös kommunikoineen keskenään puheen avulla.

Dartiaanien aivot olivat paljon pienemmät kuin nykyihmisten. Suhteessa ruumiinkokoonkin niiden tilavuus oli vain korkeintaan puolet nykyihmisen aivojen koosta. Muita alkeellisia piirteitä ovat muun muassa taakse luisu alaleuka, kookkaat kulmahampaat, korkea luuharjanne silmien yläpuolella sekä yleinen »ihmisapinamainen» ulkonäkö. Tavallisen harhakäsityksen mukaan varhaiset ihmiset kävelivät etukumarassa. Täysin pysty kulkuasento kehittyi ilmeisesti kuitenkin jo hyvin varhain. Mikäli tämä tärkeä edistysaskel ei olisi tapahtunut ennen kehittymistä inhimilliseen suuntaan, niin ihminen meidän tuntemassamme muodossa ei olisi voinut päästä näin pitkälle.

Jaavan ja Pekingin ihmisen hyvin tunnetut jäännökset olivat ensimmäisiä todisteita ihmisen kehityksen seuraavasta vaiheesta. Tähän kehitysasteeseen kuuluvat fossiilit luokitellaan nykyihmisen kanssa samaan sukuun — *Homo* — kuuluviksi, mutta ne sijoitetaan omaksi lajikseen *erectus*. Esi-isämme kasvoivat suunnilleen nykyihmisten kokoisiksi. Aivot olivat suuret (niiden tilavuus oli noin 2/3 nykyihmisen aivojen tilavuudesta), ja *Homo erectus* osasi tehdä huomattavasti hienostuneempia aseita ja työkaluja kuin *Australopithecus*. Aivan varmasti hän tunsi tulenkäytön ja metsästi ryhminä aikakautensa kaikkein kookkaimpia-

Tulevaisuuden ihminen? *Tapahtuvatko ihmisen evoluution tulevat edistysaskelet henkisellä tasolla rakenteellisten kehitysaskelten sijasta? Vai tuleeko ihminen itse ohjaamaan evoluutiota?*

kin maaeläimiä. Aivojen puhekeskukset olivat vielä heikosti kehittyneet, mutta silti *Homo erectukset* pystyivät todennäköisesti kommunikoimaan puheen avulla keskenään.

Homo erectuksen jäännöksiä tai merkkejä hänen toiminnoistaan on löydetty Euroopasta, Afrikasta ja Aasiasta. Hän oli ensimmäinen todella laajoille alueille levittäytynyt ihminen. Hän oli myös ensimmäinen ihminen, joka pystyi merkittävästi muuttamaan omaa elinympäristöään. Vanhimmat *Homo erectuksen* jäännökset ovat aivan äskettäin löytyneet Afrikasta Turkana-järven lähistöltä. Niiden iäksi on arvioitu yli 1,5 miljoonaa vuotta. Nuorimmat ovat peräisin Jaavalta ja alle puolen miljoonan vuoden ikäisiä.

Homo erectuksesta kehittyi meidän kanssamme samaan lajiin kuuluvia ihmisiä. Näitten esiisiemme jäännöksiä on löydetty mm. Saksasta, Englannista ja Unkarista. Varhaisten nykyihmisten kallo oli meidän kalloamme paljon paksuluisempi, ja leuka muistutti melkoisesti *Homo erectuksen* leukaa ja oli taakse luisu. Silmien yläpuolella ei kuitenkaan ollut korkeita luuharjanteita, ja otsa oli pysty. Aivojen tilavuus oli suunnilleen yhtä suuri kuin nykyihmisellä. Varhaisista nykyihmisistä kehittyi — meidän ohellamme — myös kuuluisa neandertalin ihminen. Nykyihminen ja neandertalilainen kuuluvat siis samaan lajiin, joskin eri rotuihin: *Homo sapiens sapiens* ja *Homo sapiens neanderthalensis.*

Neandertalin ihmisten jäännöksiä on löydetty Euroopasta, Afrikasta ja Aasiasta. Heitä oli kahta eri muotoa, jotka äärimmillään erosivat toisistaan melkoisesti, mutta jotka vaihettuivat liukuvasti toisikseen. Länsi-Euroopasta ja Afrikasta on löydetty tyypillisimmät neandertalin ihmisen jäännökset. Heidän otsansa oli taakse luisu, silmien yllä oli voimakkaat luuharjanteet ja leukakyhmy puuttui. Neandertalilaisten keskipituus oli hiukan alle nykyisten eurooppalaisten keskipituuden. Kuitenkin heidän aivonsa olivat yhtä suuret tai usein suuremmat kuin nykyihmisillä.

Nykyihmiset ovat ilmeisesti kehittyneet toisesta, vähemmän äärimmäisestä neandertalilaismuodosta. On edelleen arvoitus, missä ja milloin tämä kehitys on tapahtunut — nykyihminen putkahtaa fossiilijäämistössä esiin aivan äkillisesti ja näköjään täysin valmiina. Ihmisen levitessä maapallon eri puolille hävisivät neandertalilaispopulaatiot. Emme tiedä näiden ihmisten välisistä suhteista oikeastaan mitään. Joitakin selviä välimuotoja on löydetty, mutta ne osoittavat vain risteytymisen olleen mahdollisen. Nykyihminen saattoi tappaa neandertalilaiset, risteytyä heidän kanssaan tai sitten olla heistä piittaamatta. Lopulta hän kuitenkin syrjäytti tai sulautti itseensä neandertalilaispopulaatiot. Tästä ajasta lähtien (noin 30 000 vuotta) kehityksemme on ollut pelkästään ns. kulttuurievoluutiota.

Noidan oppipoika

Koeputkilapsi on seikkailu huomispäivän evoluutiossa. Tieteiskirjailijat ovat yleensä esittäneet sen äärimmäisenä kauhistuksena, mutta on toki muistettava, että laboratoriossa ei suinkaan välttämättä tarvitse valmistaa keskenään samanlaisia robotti-ihmisiä. (Itse asiassa jotkin massatiedotusvälineet ja ehdollistamismenetelmät ovat pahempia tämän hetken yhdenmukaistamispeikkoja.)

Koeputkilapsella voisi olla taattu geneettinen sukupuu, hyvä vastustuskyky sairauksiin nähden, olemattoman pienet mahdollisuudet saada kehitysvammoja sekä suuret mahdollisuudet olla onnellinen, koska hänellä olisi kykyjä, joiden avulla hän voisi löytää tyydytystä.

Koeputkilapsien valmistamisen suurimpana esteenä ei niinkään ole perintötekijöiden manipulointitekniikka kuin asian moraaliset ja sosiaaliset puolet. On joka tapauksessa varmaa, että yhteiskunnan tarpeet ovat tulevaisuudessa niin pakottavia, että tulemme löytämään vastaukset näihin pulmiin.

Ihminen ei kuitenkaan ole ollut yhtä arka, kun hän on kohdistanut geenien muuttamiseen liittyvän tietonsa vaikutukset muihin elämänmuotoihin. Näissä puuhissaan hän on ollut erittäin menestyksekäs. Meillä on maissi-, riisi- ja vehnälajikkeita, jotka on etukäteen sopeutettu menestymään epäsuotuisissa ilmasto-oloissa. Ne pystyvät itse asiassa tuottamaan suurempia satoja kuin alkuperäiset villikannat parhaissa mahdollisissa olosuhteissa. Eläinjalostuksen ansiosta meillä on lehmiä, jotka tuottavat epänormaalin suuria maitomääriä, ja kanoja, jotka munivat entistä enemmän ja entistä parempia munia.

Hevos- ja koirarotujen vaihtelevuus osoittaa ihmisen kykyä saada esiin tai hävittää tiettyjä ominaisuuksia valintajalostuksen avulla. Tällaisen jatkuvan rotujen sisäsiitoksen vaarana on luonnollisen muuntelun häviäminen kannasta ja tästä johtuva alttius sairauksille. Tulevaisuudessa tulee geneettisen manipuloinnin yhtenä tärkeänä tehtävänä olemaan laboratoriomenetelmin toteutettu muuntelevuuden palauttaminen, joka tuottaa lukuisia hyödyllisiä ominaisuuksia.

Merien hyväksikäytössä aletaan ottaa käyttöön perinnöllisyystieteellisen tutkimuksen tuloksia paremman proteiinientuotannon saavuttamiseksi. Jotkut vastakehitetyt kalat ovat yhtä eriskummallisia kuin luonnon omatkin kokeilut evoluution alalla.

Kehittyneiden elämänmuotojen luomisessa on kaksi tärkeää osaa. Ensinnäkin on geneettinen puoli hoidettava ennen eläimen syntymistä. On selvää, että geenirakennetta on helpoin muuttaa yhdessä ainoassa solussa, josta sitten jakautumisten kautta kehittyy koko eläinyksilö.

Toinen olennaisen tärkeä tekijä on kasvatus. Biologit ja sosiologit riitelivät vuosikymmenet siitä, kumpi on tärkeämpi ihmislasten kehitykselle — eugeniikka (perintötekijät) vaiko euteniikka (kasvuympäristö). Tuleeko luovien ihmisten lapsista luovia siksi, että he ovat saaneet vanhemmiltaan hyvät geenit vai siksi, että heillä lapsina on ollut virikkeitä antava kasvuympäristö? Näyttää siltä, että molemmat ovat lähes yhtä tärkeitä tekijöitä.

Ja niinpä merien ja maa-alueiden viljelyssä parannettuja siemenkantoja on hoidettava antamalla niille parempia ravinteita. Vain näin voivat kromosomeihin kätkeytyneinä olevat mahdollisuudet tulla esiin. Perinnöllisyystiede voi kuitenkin mennä ravintoa pitemmälle. Ajatus sellaisen ihmisen kehittämisestä, joka olisi täysin sopeutunut vesielämään, saattaa todellakin joskus tulevaisuudessa toteutua, kun biologimme alkavat suorittaa kokeitaan ihmiskromosomeilla. Väärinkäytösten vaara on olemassa, mutta sellainen päivä on todennäköisesti tulossa, jolloin tarpeemme eivät jätä meille enää muita mahdollisuuksia.

Ilojen puutarha. *Hieronymus Bosch kuvasi 1500-luvulla mestariteoksessaan luonnon outoja vääristymiä.*

Luonnotonta valintaa

Nykyisin ihminen pystyy valvomaan ja ohjaamaan monien eläinten kehitystä. Yleensä ihmisen tarkoituksena on ollut lisätä jonkin tietyn kasvi- tai eläinlajin tuottoa tai kykyjä. Kun verrataan mitä hyvänsä kotieläintä sen lähimpiin luonnossa eläviin sukulaisiin, ihmisen havaitaan luonnon sijasta päättäneen siitä, mitkä ominaisuudet kotieläimissä ovat sopeuttavia. Toisin sanoen ihminen päättää sen, millä yksilöillä on toivottavia ominaisuuksia. Näiden yksilöiden hän antaa jatkaa sukuaan ja siirtää nuo ominaisuudet jälkeläisiinsä. Kotieläimissä on hyvin monia erilaisia ominaisuuksia, joita ihminen voi päättää suosia. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi nopea lisääntyminen, runsas lihan määrä, nopea kasvu sekä tautienvastustuskyky. Tällaiset ominaisuudet ovat toivottavia, koska niiden ansiosta voidaan tietyssä ajassa ja tilassa tuottaa enemmän valkuaisaineita.

Japanilaiset ovat maailman johtava kansakunta merten viljelyssä. Tämän ei pitäisi olla yllättävää, sillä he saavat merestä suuremman osan ravinnostaan kuin mikään muu suuri kansakunta. Heidän ensimmäinen kaupallisessa mitassa kasvattamansa kalalaji oli keltapyrstö. Vaikka keltapyrstöt ovat nopeasti uivia avomerikaloja, japanilaiset ovat onnistuneet kasvattamaan niitä toukista täysikasvuisiksi veden alla olevissa häkeissä. Vielä ei kuitenkaan mikään suolaisen veden taloudellisesti merkittävä kalalaji ole menestyksellisesti lisääntynyt häkeissä tai tankeissa. Keltapyrstöjen tuotto on kohonnut noin 310 tonniin kalaa hehtaaria kohti vuodessa. Keltapyrstöt eivät enää ole ainoita japanilaisten viljelemiä merikaloja. Monet tutkijat pitävät keltapyrstöviljelmien menestystä todisteena siitä, että rannikkovesien kalaviljelmät voivat tuottaa miljoonittain kaloja vuosittain.

Japanilaiset tunnetaan myös outojen ja eksoottisten kalojen jalostajina. Noin 2000 vuotta sitten kiinalaiset ja japanilaiset alkoivat kasvattaa luonnonvaraisia kultakaloja. Ne olivat ikävän näköisiä, ruskeita karppimaisia kaloja. Kuluneiden vuosisatojen aikana useimmat tuntemamme kultakalamuodot on kehitetty valintajalostuksen avulla. Jotkut niistä ovat kirkasvärisiä, ja niillä on kolmiliuskainen pyrstö, toiset näyttävät vielä oudommilta ja eriskummallisemmilta. Eräällä muunnoksella on pullottavat, päästä esiin työntyvät silmät, toisella taas etupäätä peittävät kasvainmaiset muodostumat. Jotkut näistä poikkeuksellisista muodoista ovat erittäin hankalia hoitaa, ja niiden kasvattaja voi täydellisestä yksilöstä pyytää ja myös saada jopa yli tuhat markkaa. Myös japaninkarpit ovat kuuluisia. Useimmat täysikasvuiset karpit ovat 30—40 sentin mittaisia, mutta japanilaiset ovat tuottaneet muunnoksen, joka on kasvanut metrin pituiseksi ja painaa jopa 30 kiloa.

Näissä tapauksissa ihminen on puuttunut evoluutioon tuottaakseen monia erilaisia eläimiä. Tämä kyky säädellä evoluutiota — ohjata sen kulkua ja suunnata se tiettyihin päämääriin — on valtavasti lisännyt vastuutamme tulevista sukupolvista.

Kauniita hirviöitä. *Nämä luonnottomilta näyttävät kultakalat tulisivat huonosti toimeen luonnossa. Ihminen on ohjannut niiden kehitystä, ja hänen arvosteluperusteensa määräävät sopivimpien eloonjäämisestä.*

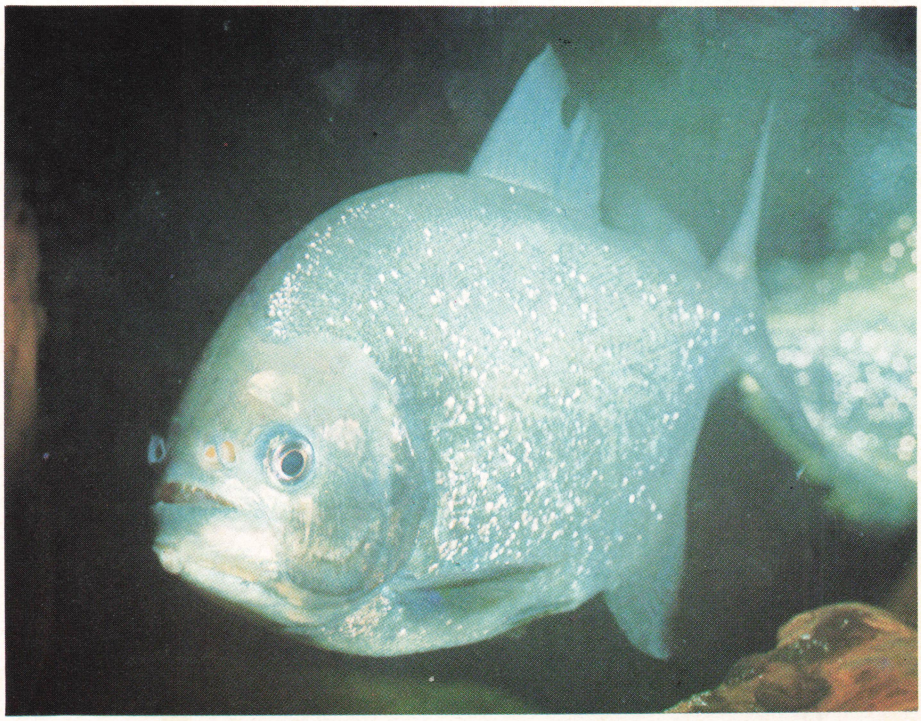
Eurooppalaisen langustin (Palinurus vulgaris) pää. Tämä kauniin punavioletti otus kuuluu äyriäisiin, joka luokkana on vanha ryhmä, sillä sen edustajia eli jo kambrikaudella.

jatkoa sivulta 2

pystytty selvittämään. Siksi näiden seutujen suurilla yleisillä uimarannoilla uintialueet yleensä suojataan verkoilla.
Piraijat kuuluvat tetrojen (*Characidae*) suureen heimoon. Ne käyttävät pääasiallisena ravintonaan oman heimonsa pieniä kalalajeja eivätkä suinkaan suuria eläimiä tai ihmisiä. Niiden tielle osuneita kuolleita ja heikkoja nisäkkäitä ja muita suuria selkärankaisia voidaan pitää vain satunnaisena herkkuna.
Käydessään suuren eläimen kimppuun piraijat menettävät täysin itsesäilytysvaistonsa ja saattavat tällöin joutua lähistöllä liikkuvien muiden eläinten saaliiksi. Etelä-Amerikan tutkija Hans Krieg kertoo tällaisesta kokemuksesta Rio Lapangen varrelta: »Olin pyydystänyt kaimaanin ja kiskoin sitä juuri rantaan, kun vesi eläimen ympärillä äkkiä alkoi kiehua. Kaimaanin veren houkuttelemina piraijat syöksyivät tuhatpäisenä parvena paikalle ja kävivät heti uhriin kiinni. Innoissaan ne töytäilivät edestakaisin ja hyppäsivät välillä ilmaankin. Väärässä asennossa uineet kalat joutuivat lajitovereiden raadeltaviksi. Syöntipuuhaansa syventyneet piraijat eivät huomanneet ympärille kerääntyneitä kaimaaneja, jotka pyydystivät tiheästä parvesta kaloja ja siirtyivät sitten vähän matkan päähän nauttimaan ateriaansa.»

Myös akvaariossa pidetyt piraijat osoittavat petomaisen luonteensa. Ne näykkivät jatkuvasti toistensa eviä ja voivat haukata paloja muistakin ruumiinosista. Toisaalta piraijojen ruuaksi annetut elävät kalat ovat saattaneet säilyä pitkiäkin aikoja hengissä, jos ne ovat olleet piraijojen näköisiä korkeita ja litteitä kaloja. Ilmeisesti tämä muoto on jonkinlainen lajinsäilytyskeino, ja luonnossa kaikki piraijojen kaltaiset kalat säästyvät terveinä saalistukselta.
Piraijojen silmiinpistävin ulkoinen piirre on voimakkaat, pyöreät leuat ja suuret veitsenterävät hampaat. Leukojen perusteella voi osittain arvioida eri lajien petomaisuudenkin. Mitä voimakkaammin leuat ovat kehittyneet, sitä suuremman saaliin kimppuun kalat voivat käydä. Rauhallisempien lajien ruumiinmuoto on myös pitkänomaisempi.
Varsinainen piraija (*Serrasalmus piraya*) ja koko Amazonin alueella yleinen punapiraija (*Serrasalmus nattereri*) ovat suvun vaarallisimmat lajit. Yli 30 senttimetrin mittaisina ja tuhansien yksilöiden parvina ne ovat vaaraksi suurillekin eläimille ja myös ihmiselle. Paikoin niitä yritetään hävittää systemaattisesti taloudellisesti merkittävämpien kalakantojen lisäämiseksi.
Ei kuitenkaan ole lainkaan varmaa, että totaalisesta hävityksestä koituu enemmän hyötyä kuin haittaa. Piraijojen kadottua saattavat erilaiset taudit levitä helposti, ja tällöin vesistöjen luonnollinen tasapaino häiriytyy. Jos näin käy, emme enää kuulekaan kauhukertomuksia ahnaista piraijoista, vaan sen sijaan saamme ehkä lukea uutisia Amazonin eliöyhteisöjen tuhoutumisista ihmisen lyhytnäköisen taloudellisen ajattelun seurauksena.

MARKKU VARJO



Piraijan kolmikulmaiset, veitsenterävät hampaat ovat normaalisti suupielien peitossa. Kun piraija käy saaliin kimppuun, se paljastaa pelottavat hampaansa ja viiltää niillä uhrin pieniksi kappaleiksi. Ihmiselle vaarallisena pidetään 20 piraijalajista vain neljää, joista ahnaimpia ovat varsinainen piraija ja punapiraija. Piraijoja on paikoin yritetty järjestelmällisesti hävittää, mutta monilla Brasilian seuduilla ne ovat viime aikoina lisääntyneet; näyttävätpä ne viihtyvän mainiosti myös vesivoimalaitosten yhteyteen rakennetuissa tekojärvissä.

MMM CO-01-067-4226547

66470 JUKAJA

Tokot ovat kalojen lilliputteja, joita elää kaikissa merissä. Suomenkin rannikoilla niitä asustaa neljä lajia, joista yleisin on hietatokko (*Pomatoschistus minutus*). Sen pituus on meillä noin 5 senttimetriä. Lämpimämmissäkään merissä se ei tavallisesti kasva yli 10 senttimetrin. Tämän pitemmiksi valtaosa tokkolajeista ei venykään. Tokkoihin kuuluu maailman pienin kala, joka on myös pienin selkärankainen. Tämän pikkuruisen tokkolajin (*Pandaka pygmae*) koiraalla on pituutta vajaa senttimetri ja painoa ainoastaan 4—5 milligrammaa. Kuvan tokko on soratokko, *Gobius paganellus*.